REGLES DE BASE DE L'UTILISATION DU TRACTEUR

Chambre d'Agriculture de Nouvelle Calédonie
Plateforme Machinisme Agricole.

Bernard ANGONIN

AGRICULTURES & TERRITOIRES
CHAMBRE D'AGRICULTURE NOUVELLE-CALÉDONIE

S O M M A I R E

CHAPITRE 1. Le réglage du régime du moteur:

1) *Régime du moteur pour un travail en traction.*
2) *Régime du moteur pour une utilisation de la prise de force.*

CHAPITRE 2. La vitesse d'avancement:

1) *Les différents types de transmission sur un tracteur.*
2) *Evaluation de la vitesse d'avancement.*
3) *Etalonnage des vitesses.*

CHAPITRE 3. Le lestage du tracteur:

1) *Equilibre des masses.*
2) *Le poids adhérent.*
3) *Le lestage du tracteur*

CHAPITRE 4. Gestion des pneumatiques:

1) *Généralités.*
2) *Les dimensions du pneu agricole.*
3) *La pression de gonflage.*
4) *Tableau de gonflage*

CHAPITRE 5. Utilisation et réglages du relevage hydraulique.

1) *Les éléments externes.*
2) *Le relevage hydraulique à commandes mécaniques.*
3) *Le relevage à commandes électroniques.*
4) *Les réglages de base liés à l'utilisation du relevage hydraulique.*

Reproduction totale ou partielle du document autorisée sous réserve de mentionner l'auteur:
ANGONIN Bernard – Chambre d'Agriculture de Nouvelle Calédonie, plateforme Machinisme Agricole.

INTRODUCTION.

Le tracteur agricole a plus d'un siècle et n'a jamais cessé d'évoluer. D'abord utilisé pour remplacer les animaux de trait, il a ensuite permis la réalisation de plusieurs tâches en simultanées pour devenir un formidable outil de travail plaçant le chauffeur dans un environnement convivial et ergonomique.

Un tracteur agricole c'est avant tout un outil de travail indispensable représentant un investissement très lourd. C'est pourquoi, il doit être choisi, utilisé et entretenu de manière rigoureuse sous peine de pénaliser l'exploitation par des charges opérationnelles exorbitantes.

La méconnaissance des règles de base de son utilisation a toujours pour conséquence une surconsommation de carburant, une usure prématurée de certains de ses composants, un accroissement des temps de travaux ainsi qu'un impact très négatif sur l'environnement.

Le document proposé a pour but d'essayer de montrer qu'avec quelques notions techniques très simples, il est possible d'obtenir le plein rendement du tracteur, synonyme d'efficacité, d'économie et de réduction des pollutions.

La première règle pour utiliser un tracteur agricole, est de respecter un ordre bien précis dans la mise en œuvre ou le choix des paramètres compte tenu de l'interaction directe des réglages entre eux:

1. Réglage du régime du moteur.
2. Evaluation de la vitesse d'avancement.
3. Lestage du tracteur
4. Pression des pneumatiques.
5. Gestion des dispositifs de commande.
6. Liaison des auxiliaires.

Le cheminement de cet ouvrage est donc la totale transposition de ce que doit faire le conducteur lorsqu'il décide d'entamer une tâche.

Rôles du tracteur agricole:

Au fur et à mesure de son évolution le tracteur est devenu un outil de traction très polyvalent mais aussi très technique. Cette technicité se veut avant tout au service du conducteur, lui permettant de gérer en simultané, des paramètres de mise en œuvre de plus en plus nombreux:

- Trajectoire.
- Contrôle visuel d'un ou plusieurs outils.
- Rapport vitesse/charge de traction (optimisation des capacités du moteur).
- Valeurs de réglage liées à l'usage de ou des l'outils attelés au tracteur (régime prise de force, vitesse d'avancement, profondeur ou hauteur de travail, recoupement entre passages, etc.).
- Rationaliser au maximum la consommation de carburant.
- Gérer l'attelage en bout de champ (limitation des pertes de temps).
- Etc.

CHAPITRE 1.

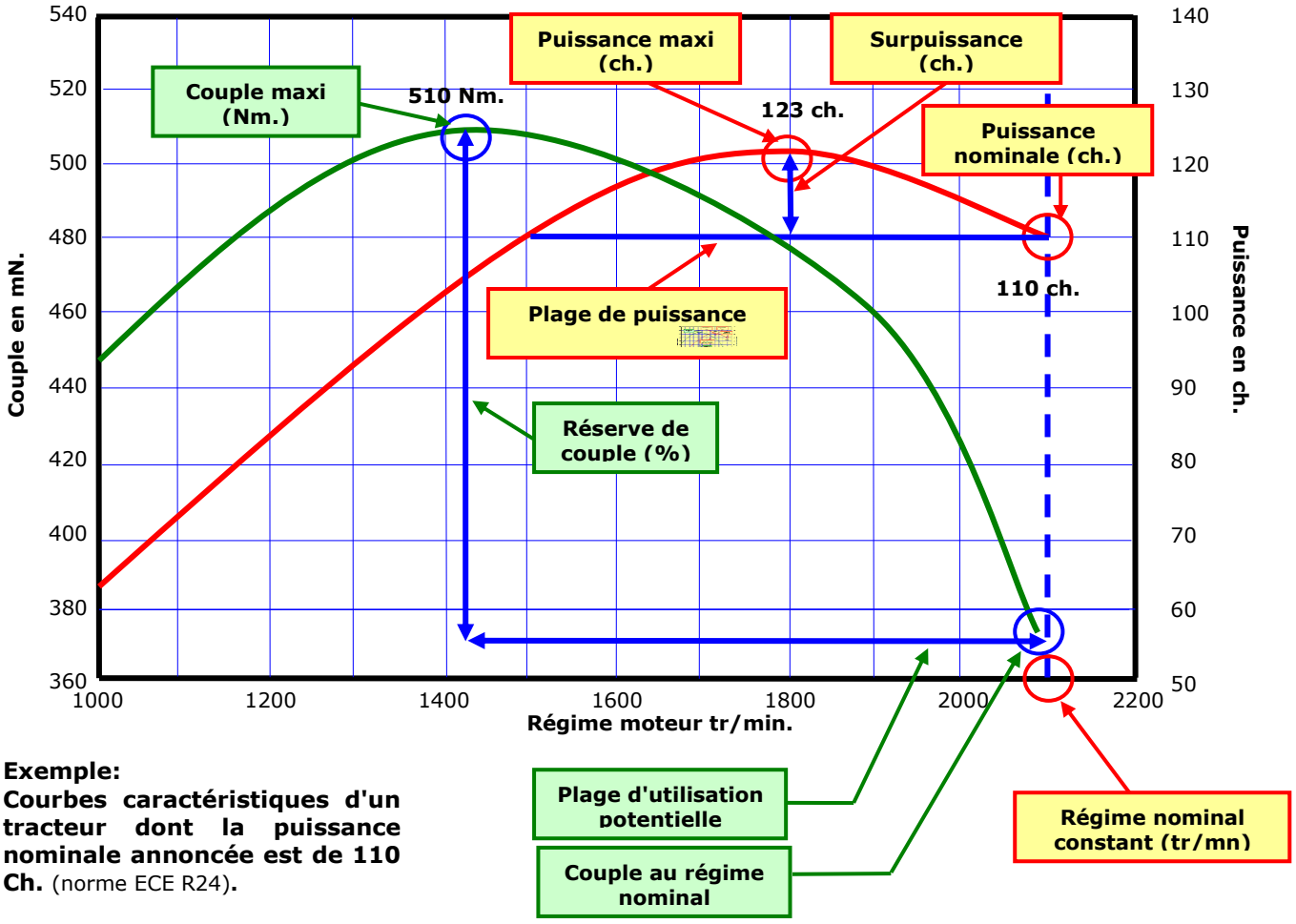
Le réglage du régime du moteur.

1) Régime du moteur pour un travail en traction.

Le travail en traction consiste à mettre en œuvre un outil par son déplacement. La conception de l'outil et la forme de ses pièces composantes, leurs permettent de réaliser une action bien définie:

- Une charrue à soc découpe et retourne une bande de sol parce qu'elle possède un ou plusieurs socs et coutres (découpe) et des versoirs (retournement), agissant par simple déplacement.
- Une remorque permet de déplacer des charges grâce à un plateau ou une benne montées sur un ou plusieurs essieux, qui ne sont pas moteur. Le déplacement de la charge (charge à une vitesse donnée) est donc directement lié à la capacité de traction du tracteur.

Le régime du moteur pour un travail en traction, ne peut pas être défini en tant que valeur unique; exemple: 1900 tours /minute. Il ne peut être évalué que par une bonne connaissance des courbes caractéristiques du moteur (voir exemple de courbe ci-dessous).



Exemple:
Courbes caractéristiques d'un tracteur dont la puissance nominale annoncée est de 110 Ch. (norme ECE R24).

Le régime nominal: Il correspond au régime de la puissance maximale indiqué par le constructeur pour une utilisation continu et normale du moteur du tracteur. A ne pas confondre avec le régime maximal atteint lorsque le moteur est accéléré au maximum. Dans le cas de la courbe ci-dessus le régime maxi atteindra sans doute 2300 tr/min mais la puissance disponible sera proche de zéro. En cas d'utilisation du régime maxi à forte charge la consommation en carburant sera très importante et le régime chutera pour revenir au régime nominal.

Le couple (courbe verte)**:** pour simplifier, considérons que le couple est la force de rotation produite par le moteur. Il est exprimé en Nm (Newton par mètre) et équivaut à 0,102 mkgf (mètre par kilogramme force). Pour mieux comprendre la notion de couple, prenons l'exemple de la courbe ci-dessus:

Le moteur testé annonce 510 Nm à un régime de 1425 tr/min., ce qui signifie que le moteur calera à 1425 tr/min si on lui applique une force contrariante (frein dynamométrique) de 510 / 0,102, soit l'équivalent d'un poids de 5000 kg suspendue au bout d'une barre de un mètre. La valeur de 1425 tr/min indique donc que le meilleur rendement du moteur se situe à ce régime.

Le couple maximum annoncé par les courbes d'essai des tracteurs est un élément de comparaison intéressant entre deux moteurs. En effet deux moteurs de puissance égale n'auront pas forcément le même couple.
La notion de réserve de couple, bien que souvent utilisée, ne reflète pas réellement les performances d'un moteur. Il ne s'agit en fait que d'un calcul théorique:

$$\textbf{Réserve de couple} = \frac{\textbf{(Couple maxi – couple au régime nominal) x 100}}{\textbf{Couple au régime nominal}}$$

Cette réserve de couple permet tout de même d'évaluer l'aptitude du moteur à vaincre une résistance momentanément plus élevée (surtout le cas avec un outil animé par la prise de force; voir paragraphe suivant).

La puissance (courbe rouge)**:** Au sens stricte du terme, la puissance correspond au déplacement d'une masse par unité de temps. Il s'exprime officiellement en kilowatts (KW) mais l'unité cheval vapeur (Ch.) est encore couramment utilisée (1 Ch. = 0,736 KW).
Il y a une relation directe entre le couple et la puissance puisqu'on s'accorde à dire que la puissance est le résultat du produit du couple par le régime de rotation. Ainsi, pour une même puissance donnée, on obtient un couple élevé à régime faible et un couple faible à régime élevé.
On parle de puissance constante lorsque la puissance nominale est disponible sur une grande plage de régime. En examinant la courbe ci-dessus, le tracteur testé est donc capable de fournir une puissance constante de 110 Ch. (81 KW) dans la plage de régime allant de 1500 à 2100 tr/min et dispose d'une puissance maxi de 123 Ch. (90,5 KW) mais à un régime bien précis. La différence entre la puissance nominale et la puissance maxi est appelée surpuissance. Elle ne présente qu'un intérêt relatif et doit pas être confondus avec la réserve de couple.
La puissance constante est la donnée la plus intéressante car elle détermine les régimes optimums d'utilisation du moteur ainsi que sa capacité à maintenir cette puissance disponible, malgré une chute du régime.
Enfin, la plage de puissance constante indique de fait les régimes minimum et maximum utilisables lors des travaux. La valeur du régime minimum diffère légèrement de celle définie par la courbe du couple (légèrement inférieure) car il ne serait pas raisonnable de faire fonctionner le moteur proche du couple maxi (calage rapide et usure accélérée).

Régime d'utilisation maxi = régime puissance nominale.
= 85 - 90 % régime maxi du moteur.

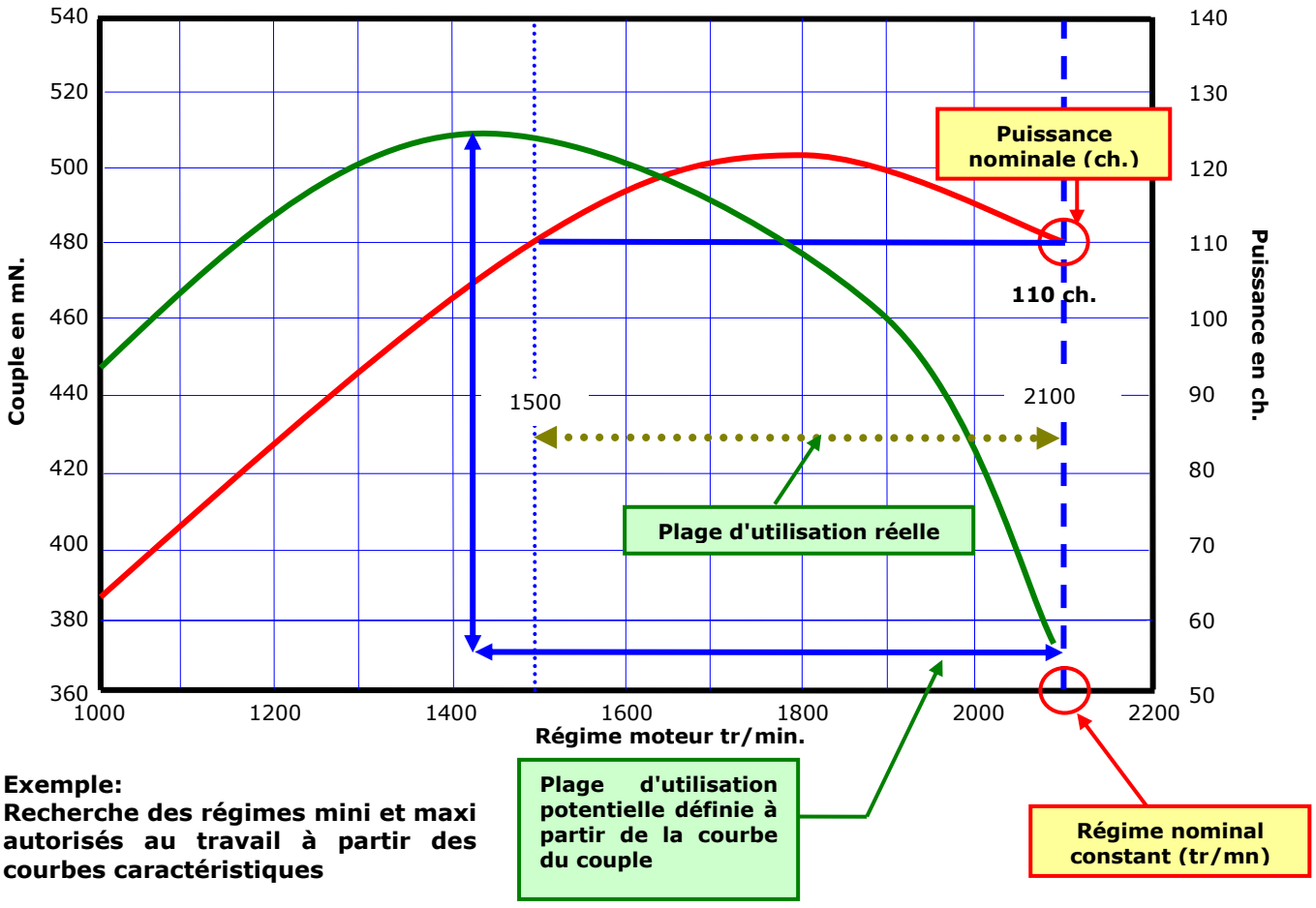
Régime d'utilisation mini = Régime début plage de puissance constante.
= 65 % régime maxi du moteur.

Exemples de calcul des régimes mini et nominal:

➢ **A partir de la courbe:**

-Régime nominal: intersection de la courbe de puissance nominale annoncée (110 ch.) avec la ligne repère des régimes = ***2100 tr/min***.

-Régime mini: intersection de la courbe de puissance dans sa phase ascendante à la puissance nominale (110 ch.) avec la ligne repère des régimes = ***1500 tr/min***.



Exemple:
Recherche des régimes mini et maxi autorisés au travail à partir des courbes caractéristiques

➢ **A l'aide des formules:**

Pour un régime maxi de 2300 tr/min

→ Régime nominal = 2350 x 90% = 2115 tr/min

→ Régime mini = 2350 x 65% = 1530 tr/min

Les courbes caractéristiques fournies par le constructeur peuvent être vérifiées tout au long de la vie du tracteur grâce à des bancs d'essais mobiles. L'agriculteur peut y faire appel pour vérifier que le moteur de son tracteur est proche des valeurs initiales et déterminer avec précision les régimes d'utilisation potentiels dans un souci d'économie (carburant) et de préservation (utilisation optimale de son tracteur).

Comment s'y retrouver dans les puissances?

Il existe une multitude de normes pour déterminer la puissance du moteur d'un tracteur ce qui rend difficile la comparaison entre deux marques différentes et souvent Les constructeurs mettent en avant celle qui leur est la plus favorable. Le tableau ci-dessous énumère différentes normes couramment utilisées, et il est intéressant de constater que certaines d'entre elles ne reflètent pas toujours la réalité.

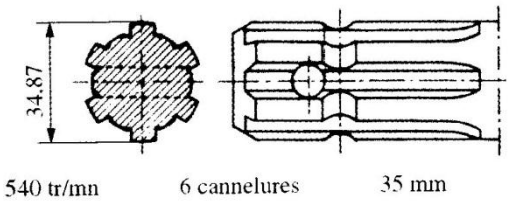
Normes	Spécificités
ISO TR 14936	Mesure de puissance brute mesurée au moteur. Le système de refroidissement et l'alternateur ne sont pas montés sur le moteur qui est refroidis par un circuit externe indépendant, donc pas de ventilateur ni de pompe à eau. Le système de filtration de l'air ainsi que le silencieux d'échappement sont installés. Cette norme est internationale. Elle était connue sous l'appellation puissance SAE ou encore HP (horse power)
EG 97/68 et EG 2000/25	Mêmes conditions de mesure que la norme précédente. Ce sont des normes européennes apparues lors de l'introduction des directives sur les gaz d'échappement (réduction d'émission de particules, recyclage des gaz d'échappement, etc.). Les valeurs mesurées diffèrent très peu de la précédente norme.
ECE R 24	C'est la norme de référence européenne. La puissance du moteur est mesurée avec tous ses équipements tels que le ventilateur l'alternateur, l'échappement la filtration,… Pendant la mesure si le ventilateur est viscostatique sont patinage est maximal (c'est-à-dire qu'il ne tourne pas). Cette norme définie assez précisément la puissance réelle disponible au moteur. Cette norme était référenciée sous l'appellation DIN.
DIN 70020	Même mesure que la norme ECE R 24 mais avec le ventilateur embrayé. Valeur légèrement inférieure à la précédente.
OCDE	La puissance du tracteur est mesurée à la prise de force. Tous les composants du tracteur sont pris en compte y compris le système de climatisation la transmission, les pompes hydrauliques et le compresseur. Les valeurs de mesures sont assez proches de la réalité surtout pour les valeurs de puissance disponible pour des travaux à la prise de force; Les différences entre la norme OCDE et ECE R 24 peuvent atteindre 8 à 10%.

2) Régime du moteur pour une utilisation à la prise de force.

a) Normalisation des prises de force.

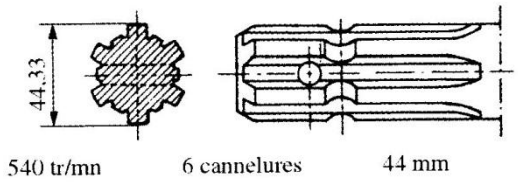
Certains outils agricoles (gyrobroyeur, herse rotative, épandeur à engrais, etc.) ne peuvent fonctionner que si leurs mécanismes fonctionnels sont animés (rotation). Cette animation est rendue possible grâce à la prise de force située à l'arrière et quelque fois à l'avant du tracteur (option). La liaison du tracteur avec l'outil est assurée par deux demi arbres coulissant afin de permettre une variation de la longueur en fonction de la position du relevage hydraulique et par deux cardans (un à chaque extrémité) pour assurer les emmanchements et les verrouillages cotés tracteur et coté machine. L'ensemble est nommé communément "arbre de prise de force" ou "arbre à cardans". Les demi-arbres sont coulissants permettant de s'adapter aux distances tracteur-machine lors des montées et descentes du relevage hydraulique.
Pour permettre à tous les tracteurs de pouvoir entraîner les outils utilisant la prise de force les sorties de prise de force coté tracteur ont des dimensions normalisées:

ASAE 1' 3/8
DIN 9611 A
ISO Type 1



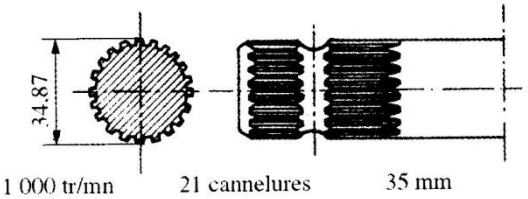
Dimensionnement utilisé sur tous les tracteurs de petites et moyennes puissances pour un régime de rotation normalisé à 540 tr/mn.

ASAE 1' 3/4



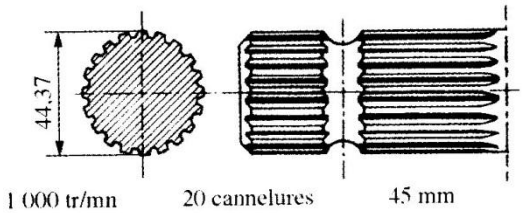
Dimensionnement pour les tracteurs de fortes puissances et pour un régime de rotation normalisé à 540 tr/mn.

ASAE 1' 3/8
ISO Type 2



Dimensionnement pour les tracteurs de petites moyennes puissances et pour un régime de rotation normalisé à 1000 tr/mn.

ISO Type 3



Dimensionnement réservé aux tracteurs de très fortes puissances et pour un régime de rotation normalisé à 1000 tr/mn.

Aujourd'hui les tracteurs disposent d'une seule sortie dont les embouts d'emmanchement sont interchangeables (boulon ou circlips) pour s'adapter aux besoins.

b) Régime de rotation de la prise de force.

Les vitesses de rotation de la prise de force sont normalisées selon cinq régimes, ce qui permet d'adapter un même outil sur plusieurs tracteurs de marques différentes. Pour sélectionner le bon régime (défini par le constructeur de la machine à animée selon les normes en vigueur), le conducteur dispose d'une boîte de vitesse spécifique à la prise de force qui peut être à commande mécanique (levier) ou électrohydraulique (bouton poussoir).

Régime 540 tours par minute: C'est la vitesse la plus répandue sur les tracteurs. Elle est atteinte à un régime du moteur proche du régime nominal (en général aux alentours de 2000 tr/mn).
Régime 750 tours par minute: Ce régime est également nommé 540 E (E pour économique) qui n'est en fait qu'un régime de 540 tr/mn à bas régime (aux environs de 65 % du régime maxi soit aux alentours de 1600 tr/mn). Ce régime particulier est surtout utilisé avec des outils réclamant une faible puissance d'entraînement (outils de fenaison, épandeurs à engrais, pulvérisateurs, etc.). Ce régime est souvent proposé comme option mais très utile pour un tracteur très polyvalent et surtout permet de réaliser de sérieuses économies de carburant.
Régime 1000 tours par minute: Ce régime est surtout utilisé par les tracteur de forte puissance (supérieur à 120 – 140 ch.). En effet même si la puissance disponible reste la même quel que soit le régime de la prise de force (540 ou 1000 tr/mn), plus la vitesse de rotation est élevée plus le couple transmis sera faible (Puissance = Couple x Vitesse de rotation). Ainsi si le couple est près de deux fois inférieures (avec un régime de 1000 tr/mn), cela permet de concevoir des lignes d'arbre de dimensionnement plus faibles donc moins encombrantes.
Régime 1400 tours par minute: Ce régime est également nommé 1000 E (E pour économique). Comme pour le régime 750 tr/mn, celui-ci n'est en fait qu'une vitesse de rotation de 1000 tr/mn à un bas régime du moteur (aux environs de 1600 tr/mn) pour des exécution de travaux ne réclamant que peu de puissance évitant ainsi d'utiliser des régimes moteur élevés inutiles.
Régime "proportionnel à l'avancement": Il est de moins en moins utilisé. Ce régime est réservé pour l'emploi de remorque équipé d'un pont moteur. La prise de force est relié à l'arbre secondaire de la boîte de vitesse et ne tourne que si le tracteur avance.

Les prises de force avant n'ont généralement qu'un seul régime de rotation: 1000 tr/mn. Certains constructeurs proposent deux sens de rotation (adaptation d'outils prévu pour être utilisés en position arrière).
Les prises de force arrière tournent toujours dans le sens horaire vue de l'arrière du tracteur.

c) Synchronisation des régimes moteur et prise de force.

La vitesse de rotation de l'arbre de prise de force est proportionnelle à celui du moteur (sauf pour le régime proportionnel à l'avancement). Pour atteindre le bon régime (selon la présélection choisie), il suffit d'accélérer le moteur manuellement avec deux possibilités de repérage:

- ***Mise en concordance de l'aiguille du compte tours du moteur avec un repère fixe.***

Régime 540 E: Repère bleu pour un régime du moteur de 17700 tr/mn.

Régime 540: Repère vert pour un régime du moteur de 2200 tr/mn.

Régime 1000: Repère jaune pour un régime du moteur de 2350 tr/mn.

➢ ***Utilisation d'un compte tour spécifique à la prise de force.***

Dans ce cas la valeur du régime est lue directement par affichage d'une valeur chiffrée. Si le tracteur possède une prise de force avant, un bouton de sélection permet d'afficher le régime de la prise de force concernée.

La photo ci-contre montre une valeur de rotation de la prise de force arrière de 540 tr/mn.

Régime du moteur

Régime de la prise de force arrière.

Régime de la prise de force avant.

Bouton de présélection de lecture des régimes

d) La procédure de mise en marche de la prise de force:

Cas N°1: prise de force totalement mécanique.
L'opérateur débraye la transmission grâce à un levier, puis sélectionne le régime souhaité (540, 540 E ou 1000 tr/mn). La mise en rotation ne sera effective que lorsque l'opérateur aura embrayé la transmission en relâchant le levier d'embrayage.

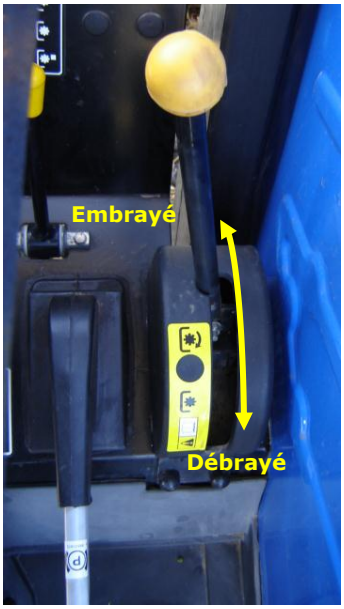


Photo de gauche:
Levier d'embrayage de la transmission de la prise de force (commande manuelle).

Photo de droite:
Levier de sélection du régime de la prise de force. Dans le cas de ce tracteur les deux seuls régimes disponibles sont 540 tr/mn et "proportionnelle à l'avancement" avec une position neutre (point mort) au milieu.

Cas N°2: Prise de force à embrayage électrohydraulique.

L'opérateur sélectionne le régime de la prise de force qu'il souhaite utiliser et agit sur un bouton poussoir pour la mise en rotation de l'arbre de prise de force. Ce système est très pratique d'utilisation et permet une mise en marche progressive de la ligne d'arbre grâce à un embrayage hydraulique dont on peut contrôler la vitesse de mise en rotation (pression hydraulique modulée).

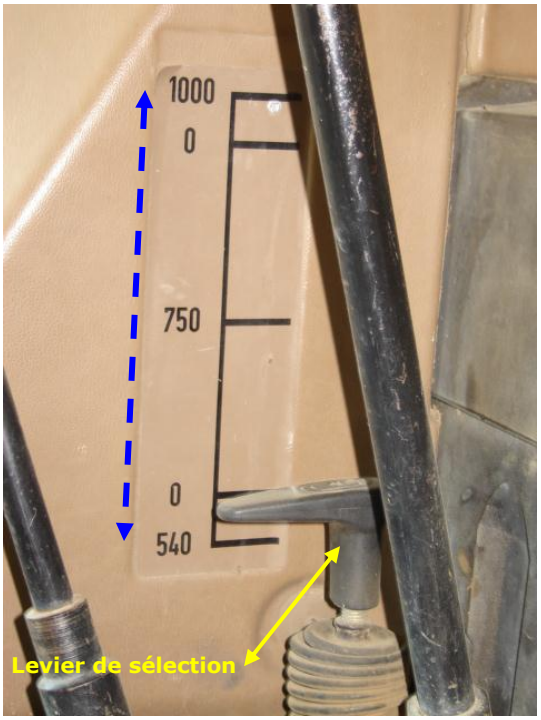


Photo de gauche:
Levier de sélection des régimes de prise de force (0= point mort).

Photo ci-dessous:
Boutons poussoir d'enclenchement des prises de force. Dans le cas présent ce tracteur dispose d'une prise de force arrière et avant.

La prise de force d'un tracteur agricole est un équipement essentiel. Il est donc important de savoir l'utiliser correctement car son influence sur l'efficacité de l'outil qu'elle anime, sera de premier ordre. Lors de l'achat du tracteur, le futur utilisateur doit définir quels sont les outils à prise de force lui seront attelé afin de définir tous les régimes dont il devra disposer (540 – 540 E – 1000 – 1000 E). Ces régimes, hormis 540 tr/mn, ne sont pas toujours disponibles dans la version standard du tracteur. Ils peuvent figurer au catalogue des options et doivent être prévus lors de la commande.

En règle générale, tous les outils d'épandage, de semis, et de traitement exigent une faible puissance disponible à la prise de force. Il sera judicieux, si le futur tracteur devra mettre souvent en œuvre ces catégories outils, de prévoir un régime supplémentaire du type 540 E.
Par contre, l'usage d'outils comme les tondobroyeurs et les ensileuses nécessitent le plus souvent un régime de prise de force du type 1000 tr/mn. Etant donné que la consommation horaire du tracteur est étroitement liée à la vitesse de rotation du moteur, il sera donc préférable d'adapter le régime de rotation de la prise de force à celui du moteur, selon les circonstances, en disposant d'une large gamme de vitesses disponibles.

CHAPITRE 2.

La vitesse d'avancement.

Une des principales fonctions du tracteur est de tirer une charge qui peut être portée (charrue, cultivateur, etc.), semi portée (remorque benne, tonne à lisiers épandeurs d'amendement, de fenaison, etc.) ou traînée (outils de grandes dimensions, remorque à essieu directeur).
Selon l'outil attelé, la vitesse d'avancement aura donc une grande importance:

- ***Outils portés:*** la vitesse d'avancement modifie l'efficacité donc le résultat. Exemples: un labour à 4 km/h sera plus motteux qu'à 6 km/h, un cultivateur n'est efficace qu'au-delà de 6-7 km/h…
  Dans ces cas, la vitesse d'avancement est considérée avant tout comme un réglage technique.
  Les vitesses d'exécutions vont de moins de 1 km/h (broyage forestier, drainage,..) et peuvent atteindre de nos jours 12 à 15 km/h (déchaumage superficiel, reprises de labour,…).

- ***Outils semi portés:*** ils sont représentés essentiellement par des matériels pouvant transporter des charges (eau, céréales, déjections animales, engrais, amendements, etc.) ou encore des machines complexes destinées aux récoltes (presse à fourrage, récolteuse de légumes, etc.). Ils doivent être mis en œuvre aussi bien sur route (liaison exploitation → champ ou lieu de livraison), que dans les champs (épandage, chargements). Avec ces matériels, il faut associer efficacité (adaptations aux conditions de traficabilité), précision (vitesse d'exécution des travaux) et économie (réduction des temps morts liés aux transports du lieu d'approvisionnement au lieu de vidange).
  Les vitesses d'exécutions sont souvent inférieures à 6 km/h en travaux des champs et peuvent atteindre 50 km/h pour les transports sur route, selon les normes en vigueur du pays où est immatriculé le tracteur (Allemagne = 50 km/h, France = 40 km/h).

- ***Outils traînés:*** même appréciation que pour les outils portés mais avec une notion supplémentaire: le rendement; associant économie d'énergie et volume de travail horaire.
  Les outils semi portés (combinés de préparation du sol, semoirs semis direct) sont souvent de grandes dimensions, dont les poids ne peut être supportés en totalité par le relevage du tracteur et exigeant des puissances souvent supérieures à 150 Ch. Destinés à des grandes exploitations, ces outils n'ont souvent d'intérêt que parce qu'ils réalisent plusieurs opérations en simultanés avec des rendements journaliers très important (jusqu'à 30-40 ha pour certains outils de préparations superficielles, semoir semi direct, …).
  Ces équipements sont mis en œuvre à des vitesses comprises entre 10 et 15 km/h et lors des déplacements ne sont autorisés à circuler (après repliage) qu'à une vitesse maxi de 25 km/h (réglementation française).

En résumé: Un tracteur doit pouvoir s'adapter à toutes les situations de travail qui lui sont imposés en fonction des outils qu'il doit mettre en œuvre. Cette adaptation est rendu possible grâce au module mécanique placé entre le moteur et les ponts arrière et avant (si le tracteur est un quatre roues motrices): ***la boîte de vitesses***.

1) Les différents types de transmission sur un tracteur.

Il est assez difficile de s'y reconnaître car chaque constructeur développe ses propres transmissions qui peuvent varier selon les gammes inter-marques. Il est possible tout de même de les regrouper en quatre groupes:

- Boîte de vitesse mécanique standard.
- Boîte de vitesse mécanique avec amplificateur de couple.
- Boîte de vitesse Full Power Shift ou séquentielle.
- Boîte de vitesse à variation continue.

a) Boîte de vitesse mécanique standard

C'est la version la plus simple et la plus ancienne. Elle est obligatoirement associée à un embrayage mécanique commandé par la jambe gauche du conducteur. Les constructeurs proposent, selon les versions de tracteurs, des boîtes de vitesses avec un nombre plus ou moins important de sélections possibles (de 10 à 24).
Pour choisir sa sélection le conducteur doit actionner plusieurs leviers ayant un rôle bien défini:

- ***Le levier de sélection de gamme:***

Il permet de sélectionner une gamme de vitesses adaptées aux besoins du moment comme un déplacement sur route (vitesse de l'ordre de 25 à 40 km/h considérée comme rapide), la mise en œuvre d'un outil de préparation du sol (vitesse de l'ordre de 4 à 8 km/h considérée comme lente ou moyenne) ou encore la réalisation de travaux très lents comme les récoltes de légumes (vitesse de l'ordre de 1 à 4 km/h considérée comme super lente). La photo de gauche montre que ce tracteur possède trois gammes:

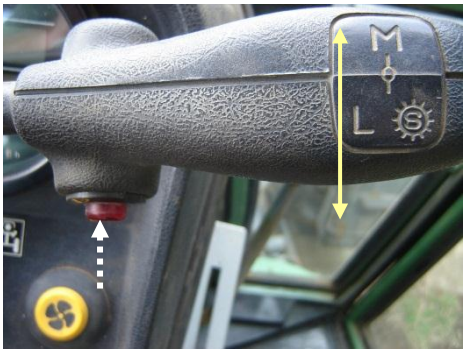
- Lièvre = gamme rapide.
- Tortue = gamme moyenne.
- Escargot = gamme lente ou super lente.
- N = point mort ou position neutre

Tous les tracteurs disposant d'une boîte de vitesses mécanique disposent d'un levier de gammes avec deux ou trois sélections possibles.

- ***Le levier de sélection de vitesse:***

Le levier de sélection de vitesse permet de choisir un rapport de vitesse adapté aux besoins selon les données du constructeur (diagramme d'étagement des vitesses). Comme pour une voiture les vitesses sont numérotées de 1 à 3 – 4 – 5 ou 6 selon les marques et les modèles inter marques. Lors des travaux aux champs ou lors des déplacements sur route, le conducteur peut et doit changer le rapport de vitesse si les conditions de traction évoluent (dureté du sol pour un travail d'ameublissement, déclivité croissante ou montante pour un transport sur route, etc.). Dans ce cas le changement de rapport impose un débrayage de la transmission pour permettre de "sortir" un rapport et d'en "engager" un nouveau.

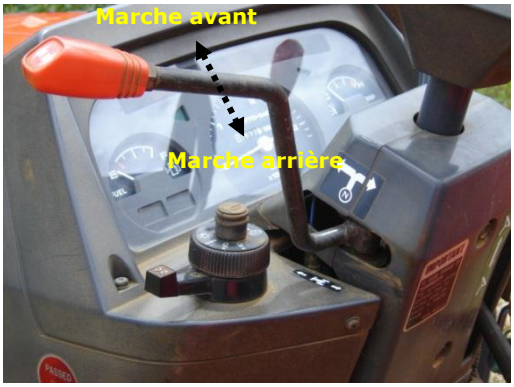
➢ ***Le levier de réducteur:***



Le réducteur permet de réduire la vitesse d'avancement dans des valeurs moins importantes que le sélecteur de vitesses (variation de 10 à 20%) selon les marques. Le montage d'un réducteur sur une transmission, n'est pas systématique (option ou non disponible), mais reste d'une grande utilité car il permet de disposer d'un plus grand nombre de combinaisons possible de vitesses d'avancement donc de permettre un ajustement précis de l'effort de traction.

La photo ci- dessus montre un exemple de réducteur à trois positions:
- L = lente: levier position basse
- M = moyenne levier position haute
- S = Rapide levier position basse en appuyant sur le bouton rouge (flèche blanche)

➢ ***L'inverseur de marche:***



L'inverseur de marche permet d'inverser le sens de rotation des arbres de roue et donc de permettre au tracteur de reculer. Si certains modèles possèdent encore un rapport de marche arrière comme sur les voitures, la majorité des tracteurs agricoles possède un inverseur indépendant pouvant être mécanique (débrayage obligatoire), hydraulique ou électrohydraulique (embrayage automatique). L'inverseur est toujours situé à gauche soit au volant soit au plancher. Avec un inverseur indépendant toutes les vitesses sont inversées.

Il est possible de définir les boîtes de vitesses mécaniques selon un code indiquant le nombre de rapport dans chaque gamme, annonçant ainsi le nombre total de vitesses disponibles. Exemple le tracteur X dispose d'une boîte de vitesses 3 x 4 x 3 + I soit un total de 36 vitesses:

- Le premier chiffre = nombre de gammes (petite, moyenne et grande).
- Le deuxième chiffre = nombre de sélections de vitesses (1-2-3-4).
- Le troisième chiffre = nombre de position du réducteur (lente, moyenne et rapide).
- La lettre I indique que la marche arrière est disponible par le biais d'un inverseur.

Si cette lettre est absente cela signifie que la marche arrière est intégrée dans les sélections de vitesses.

Si le tracteur ne dispose pas de réducteur ni d'inverseur, le code deviendra donc: 3 x 4 +AR ce qui signifie que la marche arrière est intégrée à la boîte de sélection.

b) Boîte de vitesses mécanique avec amplificateur de couple.

Ces boîtes de vitesses ne diffèrent des précédentes que par le fait qu'elles disposent toujours d'un réducteur mais que ce dernier est à commande séquentielle c'est-à-dire semi-automatique.

Sur le levier de sélection des vitesses, le conducteur dispose de deux boutons lui permettant de réduire ou d'augmenter la vitesse d'avancement de deux, trois ou quatre rapports sans débrayer, par simple pression sur un des deux boutons (embrayages hydrauliques à commande électrique).
Dans le cas du tracteur ci-dessus, une pression sur le bouton noir permet de "monter" les rapports du réducteur tandis que le bouton orange permet de revenir à l'état initial, vice et versa. Le conducteur visualise le rapport qu'il à commander grâce à des témoins lumineux situés dans l'écran du tableau de bord.
Ce réducteur à commande séquentielle permet de faire varier la vitesse du tracteur sans l'arrêter, améliorant ainsi le confort de conduite tout en protégeant la transmission des à-coups lors des démarrages post changement de vitesses. L'appellation amplificateur de couple vient du fait que lorsque le conducteur choisit de réduire sa vitesse d'avancement sans changer le régime du moteur, il augmente de fait le couple disponible disposant ainsi d'un effort de traction plus important

c) Boîte de vitesse Full Power Shift ou séquentielle.

Ce type de transmission est permet de passer toutes les vitesses sans débrayage y compris l'inverseur de marche. Contrairement à une boîte automatique de voiture, les vitesses ne passe pas seules mais doivent être engagée par le conducteur au moyen d'un levier ou de bouton de commande comme pour la transmission séquentielle d'une boîte mécanique avec amplificateur de couple (paragraphe précédent).

La photo ci-contre montre l'ensemble des commandes de la boîte de vitesses. Tous les rapports sont accessibles sans avoir à actionner autre chose que le levier ou l'interrupteur concerné.

Sur les tracteurs modernes équipés d'informatique embarquées (cas du tracteur ci-dessus), si le rapport choisi par le conducteur est trop rapide (puissance disponible inférieure aux besoins), un calculateur procèdera à un changement automatique de rapport de vitesse. Si les conditions de travail s'améliorent, la sélection initialement programmée entrera à nouveau en fonction. Cette gestion automatisée permet au tracteur

de travailler dans la meilleure plage de puissance permettant au conducteur de se concentrer sur d'autres tâches. Ce type de transmission est accessible sur les tracteurs de plus de 100 ch. et surtout réservé aux modèles conçus pour des travaux du sol.

d) Boîte de vitesses à variation continue.

Ce type de transmission n'existe que depuis à peine dix ans. D'abord réservé aux tracteurs de forte puissance 200 à 350 ch., elle se généralise de plus en plus et devient disponible sur des moyennes puissances.
Ce type de transmission n'a plus grand-chose de commun avec les boîtes de vitesses précédemment décrites. Avec une seule commande appelée communément "joystick", le conducteur peut par simple impulsion augmenter, réduire ou inverser le déplacement du tracteur.

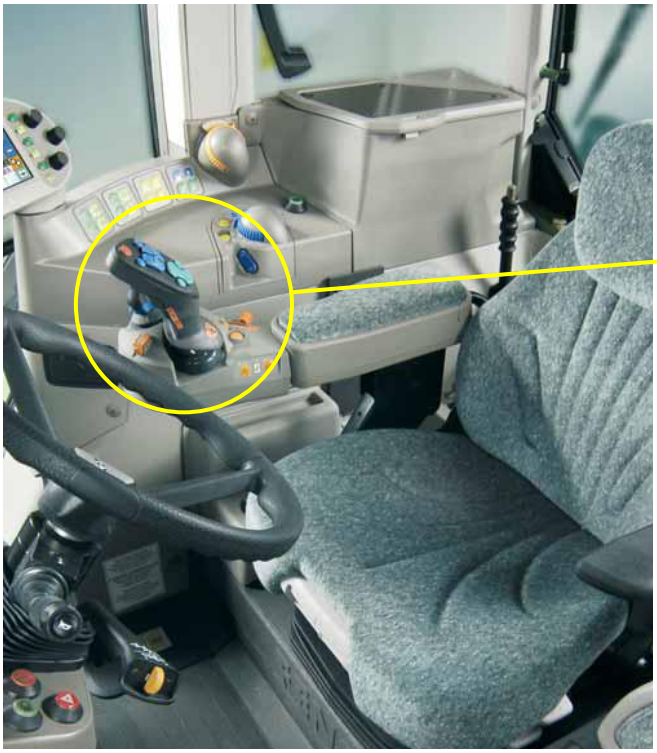
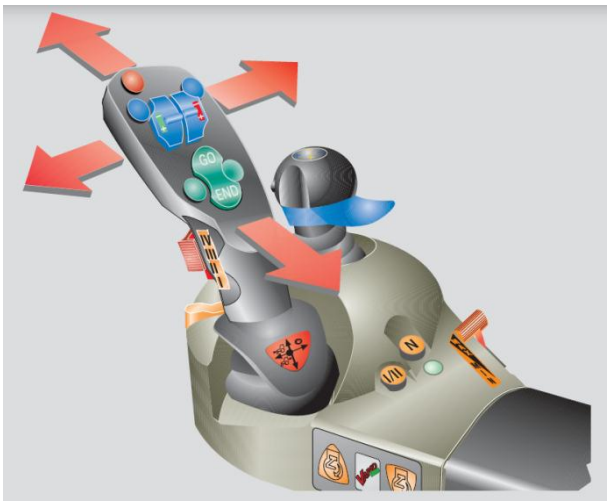


Photo ci-dessus:
Gros plan du "joystick"

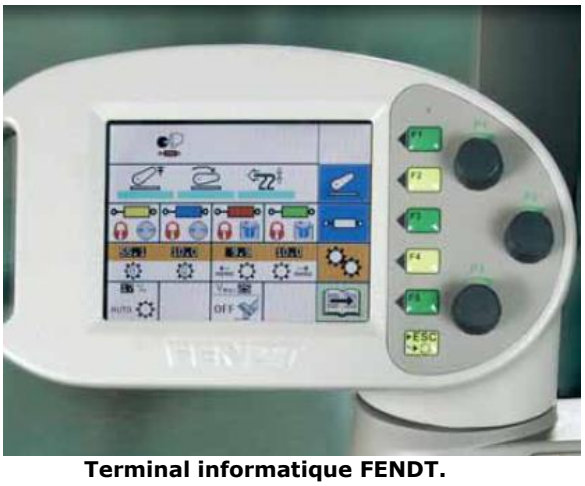
Photo ci-contre:
Positionnement des commandes d'une transmission continue.



En poussant le joystick vers l'avant, le tracteur avance jusqu'à la vitesse de travail souhaitée. Pour réduire la vitesse, il suffit de tirer le joystick vers l'arrière. La marche arrière est obtenue en inversant la commande.
Pour changer rapidement le sens d'avancement, il suffit d'incliner le levier vers la gauche, le tracteur freine, s'arrête puis repart en sens inverse.
Le bouton N neutralise la transmission (point mort avec blocage des roues).
Le bouton I/II sélection les gammes lente (de 0 à 25 km/h) et rapide (de 0 à 50 km/h).

Dans l'ensemble si toutes les boîtes de vitesses à transmission continue n'ont pas tout à fait la même conception technique (cinq modèles sont commercialisées) leurs objectifs

restent le même: ***disposer d'un nombre infini de vitesses d'avancement sans rupture de l'effort transmis (embrayage- débrayage).***
L'utilisation d'une transmission à variation continue demande cependant un apprentissage une cinquantaine d'heure pour de maîtriser complètement son mode de fonctionnement; d'autant qu'elle est toujours associée à un terminal informatique de programmation.



Terminal informatique FENDT.

Terminal informatique JOHN DEERE.

Les dernières évolutions, permettent au moteur de dialoguer avec la transmission afin d'optimiser vitesses et régime moteur. Le conducteur défini, au moyen d'un ordinateur intégré au tracteur (photo ci-dessus), ses paramétrages de travail selon un ordre de priorité (vitesse d'avancement ou régime de prise de force ou encore profondeur de travail). Au travail le tracteur gèrera l'attelage en fonction de ces priorités préalablement définies. Ainsi si la vitesse est prioritaire c'est le régime du moteur qui variera de manière à "encaisser" les variations de l'effort de traction. Dans le cas de l'utilisation du tracteur à la prise de force, le régime devenant prioritaire, c'est donc la vitesse qui variera automatiquement selon les conditions de travail (variation de densité, de végétation, de l'état physique ou de la nature du sol dans une même parcelle,…). Dans tous les cas l'ordinateur essayera de placer le tracteur le plus proche possible des valeurs de références préprogrammées par le conducteur.
Cet assistance technologique appelée communément "informatique embarquée" permet une économie de carburant de l'ordre de 6% par rapport à une gestion classique du tracteur où le conducteur décide et agit.

2) Evaluation de la vitesse d'avancement.

En Agriculture, la vitesse d'avancement au travail est évaluée en kilomètre par heure. De nos jours, la tendance est à l'augmentation des vitesses d'exécution des travaux grâce à l'augmentation de la puissance des tracteurs mais aussi à l'amélioration technologique des équipements (châssis renforcés, alliage plus résistant à l'usure, suspensions actives, réglages assistés par l'électronique,…).
Cette vitesse doit être souvent définie avec une précision au dixième sa valeur car elle fait partie intégrante de formules de réglage (épandeur à engrais, pulvérisateur) et certains outils doivent évoluer dans une plage de vitesses bien définies:

Exemple :
Une charrue à socs standard, labourant entre 22 et 25 cm, doit pouvoir labourer entre 4,5 et 7 km/h. Au-delà de 7 km/h les risques d'usures prématurées sont importants, en deçà de 4 km/h le travail n'est pas techniquement satisfaisant (retournement insuffisant) et économiquement peu rentable (chantier trop long).

Le tableau pages suivantes, indique les valeurs moyennes des vitesses d'avancement pour les principales opérations liées à une activité agricole. Il ne s'agit que des valeurs indicatives et peuvent être dépassées dans certaines conditions si le constructeur le notifie dans le manuel d'utilisation.

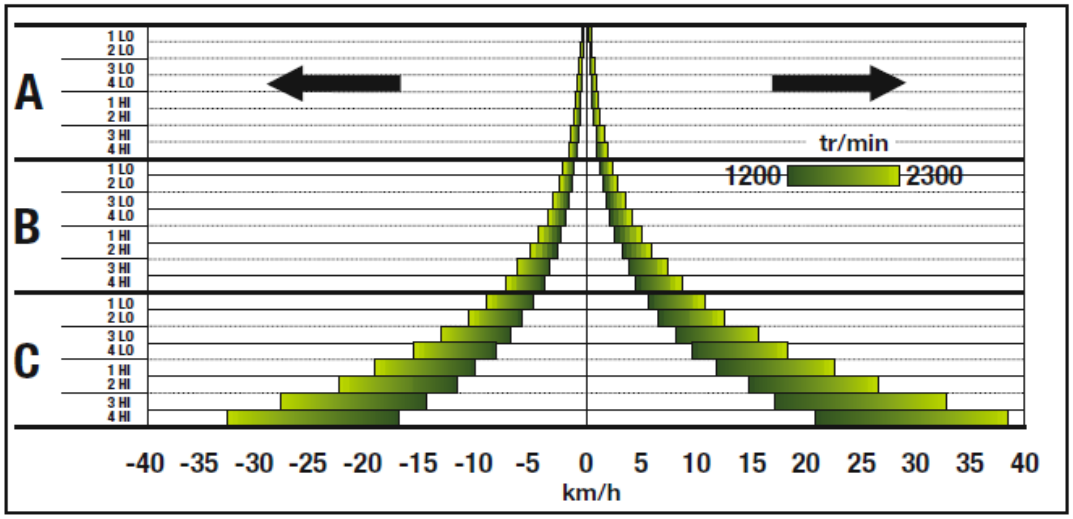
Catégories de travaux.	Types de travaux.	Vitesses mini et maxi conseillées.	Facteurs influençant la variation de la vitesse.
TRAITEMENT DE LA MATIERE ORGANIQUE	**Broyage:** - Gyrobroyeur. - Tondobroyeur. - Broyeur semi forestier.	**1,5 à 7 km/h**	• Hauteur de la végétation. • Forme géométrique de la parcelle. • Dimensions de la parcelle. • Présence d'obstacles naturels ou hypothétiques (apport lors des inondations par ex.) • Présence de pierres ou enrochements de surface
	Fauchage: -Faucheuses simples. -Faucheuses conditionneuses.	**5 à 10 km/h**	• Etat de surface. • Densité de la récolte. • Présence de légumineuses liane. • Présences de pierres. • Dimensions de la parcelle. • Type de faucheuse • Options particulières sur la faucheuse.
	Récolte en vert: - Récolteuse du type fléaux. - Autochargeuse.	**3 à 6 km/h**	• Etat de surface. • Densité de la récolte. • Qualité du hachage. • Type de récolteuse. • Puissance disponible.
	Fanage:	**5 à 9 km/h**	• Densité du fourrage à remuer. • Dimensions de la parcelle. • Etat de surface.
	Andainage:	**5 à 10 km/h**	• Densité du fourrage à remuer. • Dimensions de la parcelle. • Etat de surface.
OPERATIONS PREPARATOIRES AU LABOUR.	**Décompactage:** -Décompacteur à dents droites. - Décompacteur à dents courbes.	**3,5 à 6 km/h**	• Premier ou second passage. • Présence de pierre ou d'enrochement. • Présence de racines. • Etat physique du sol.
	Déchaumage avec outils à disques: -Pulvériseurs autoportés. -Pulvériseurs à disques indépendants.	**5 à 7 km/h** **6 à 14 km/h**	• Etat physique du sol. • Quantité de M.O. à enfouir. • Qualité du broyage de la M.O. • Premier ou second passage. • Présence de pierres ou de racines.
	Déchaumage avec outils à dents:	**5 à 8 km/h**	• Etat physique du sol. • Quantité de M.O. à enfouir. • Qualité du broyage de la M.O. • Premier ou second passage. • Présence de pierres ou de racines.

Ameublissement profond.	**Labour:** - Charrue à socs. - Charrue à disques.	**4 à 7 km/h**	• Nature du sol. • Etat physique du sol. • Type de labour recherché. • Profondeur de travail. • Quantité de M.O. à enfouir. • Type de charrue. • Présence d'obstacles enterrés (cailloux, racines,…). • Qualité du déchaumage.
OPERATION DE REPRISE DU LABOUR.	**Cultivateurs:** - Chisels. - Cultivateurs semi-rigides	**Minimum 5 à 6 km/h**	• Etat physique du sol. • Texture du sol. • Type de dents et de socs. • Premier ou énième passage. • Présence de cailloux.
	Herses rotatives ou alternatives	**3 à 6 km/h**	• Etat physique du sol. • Texture du sol. • Profondeur de travail. • Etat de surface du sol. • Présence de M.O. • Positionnement de lame niveleuse.
	Houe rotative	**2 à 4 km/h**	• Etat physique du sol. • Texture du sol. • Profondeur de travail. • Etat de surface du sol. • Présence de M.O. • Positionnement des volets arrières. • Présence de pierres.
	Outils vibrants ou à doigts: - Vibroculteur. - Herse à doigts. - Outils combinés.	**Minimum 6 km/h**	• Etat physique du sol. • Présence de repousses. • Profondeur de travail. • Type de dents ou de doigts. • Etat de surface du sol. • Présence de repousses. • Présence de M.O. en surface.
	Rouleaux:	**Maximum 8 km/h**	• Etat de surface. • Type de rouleau. • Texture du sol. • Présence de cailloux.
PROFILAGE DU SOL.	**Billonneuse:**	**2 à 4 km/h**	• Etat physique du sol. • Texture du sol. • Degré d'émiettement du sol.
	Butteuse:		
	Rotobutte:		
MATERIELS D'ENTRETIEN DES CULTURES.	**Epandeur à engrais:**	**4 à 10 km/h**	• Etat de surface. • Présence d'une culture. • Quantité d'engrais à épandre par hectare.
	Pulvérisateur:		• Etat de surface. • Présence d'une culture. • Hauteur de la culture. • Quantité d'eau à pulvériser par hectare. • Présence d'obstacles

	Bineuse:	**2 à 5 km/h**	• Type de bineuse. • Hauteur de la végétation. • Etat physique du sol. • Type de pneumatique monté sur le tracteur.
MATERIELS DE SEMIS ET DE PLANTATION.	**Semoir en lignes portés:**	**4 à 8 km/h**	• Etat de surface. • Type de d'organe d'enterrage. • Etat physique du sol. • Présence de cailloux ou de M.O.
	Semoir semi direct:	**Minimum 6 Km/h**	• Etat de surface; • Nature et volume de la végétation en place. • Capacité de pénétration des organes d'enterrage.
	Semoirs monograine pneumatiques: - Type grosses graines. - Type minigraines.	**3,5 à 5 km/h**	• Etat de surface. • Etat physique du sol. • Profondeur de semis. • Type d'élément semeur. • Type de semence.
	Semoirs monograine mécaniques:	**2,5 à 4,5 km/h**	• Etat de surface. • Etat physique du sol. • Type d'élément semeur. • Densité de semis.
	Planteuses repiqueuses:	**2,5 à 4 km/h**	• Etat physique du sol. • Densité de plantation. • Type de planteuse ou repiqueuse (manuelle, semi auto, automatique).
MATERIELS DE RECOLTE.	**Ramasseuse presse type balle :**	**4 à 6 km/h**	• Densité de la récolte. • Type de produit traité (foin ou paille). • Densité des balles.
	Ramasseuse presse type balle ronde:	**5 à 8 km/h**	• Densité de la récolte. • Type de produit traité. • Humidité du fourrage (enrubannage). • Qualité de l'andainage.
	Ensileuse à maïs:	**3 à 5 km/h**	• Densité de la récolte. • Finesse de hachage.
	Faucheuse récolteuse à fléaux:	**3 à 5 km/h**	• Densité de la récolte. • Type de récolte (directe ou préfanné). • Finesse de hachage.
	Récolteuse de légumes:	**1 à 3 km/h**	• Type de récolte. • Conditions de récolte. • Complexité de la machine.
	Récolteuse de céréales	**4 à 6 km/h**	• Type de céréales. • Densité de la récolte. • Conditions de récolte (verse, mauvaises herbes).

3) Etalonnage des vitesses.

Pour les tracteurs "anciens" ou "rustiques", les valeurs indiquées par les constructeurs sont souvent assez vagues et il est difficile pour le conducteur de s'y retrouver. Par contre sur les tracteurs modernes la vitesse d'avancement est indiquée en permanence par un affichage du type digital au tableau de bord.



Exemple de tableau d'étagement de vitesses rudimentaire, selon les indications du constructeur.

Sur ce modèle de tracteur, le compteur du haut affiche en permanence la vitesse d'avancement avec une précision au dixième d'heure.
Le cadran du bas indiquant, quand à lui, les régimes du moteur et des prises de force.
Attention les vitesses d'avancement affichées ne sont valables que pour une monte de pneumatique bien précise. Au cas où le propriétaire décide de modifier les dimensions des pneus, il devra effectuer une correction de la valeur d'affichage (correction mentale selon un % ou en entrant dans la programmation du calculateur).

Il est donc conseillé de réaliser systématiquement un étalonnage à la réception du tracteur neuf pour connaître avec exactitude les valeurs des vitesses dans les plages de régimes utilisables (voir chapitre réglage du régime moteur).

L'étalonnage des vitesses d'un tracteur est réalisé sur une distance de 100 mètres que doit parcourir le véhicule à des régimes bien défini et constant durant tout le trajet: régime mini et maxi en traction, régime des pour les différentes vitesses des prises de force

Le temps nécessaire pour parcourir les 100 mètres doit être converti en secondes et la vitesse est calculée à l'aide de la formule:

$$V = \frac{360}{T}$$

V = Vitesse d'avancement en Km/h.
360 = valeur constante.
T = temps mis par le tracteur pour parcourir 100 mètres.

Il sera nécessaire de faire autant de mesures qu'il y a de rapports de vitesses et de régimes du moteur concernés:
- Régime nominal du moteur (90% du régime maxi).
- Régime minimal du moteur (65% du régime maxi).
- Régime des prises de force (si différent des autres régimes).

L'opérateur devra ensuite noter les temps obtenus dans un tableau préalablement préparé dans le quel apparaîtra toutes les valeurs de chronométrage et de conversion.

Exemple de tableau d'étalonnage:

Vitesses d'avancement du tracteur RENAULT 90-34 TX
(Vitesses calculées avec des pneumatiques arrières 480/70 R 34)

- Régime maxi du moteur: ***2500 tours/minute.***
- Régime 85% pour effort important: ***2150 tours/minute.***
- Régime 65% pour effort de traction faible: ***1650 tours/minute.***
- Régime du moteur pour 540 tr/mn prise de force: ***2150 tours/:minute.***

Tableau de mesure et de conversion: sachant que la boîte de vitesse de ce tracteur est du type: 3 x 4 + I soit trois gammes, quatre rapports de vitesse et un inverseur indépendant; il n'y a pas de réducteur et que le régime prise de force 540 tours par minute est équivalent au régime utilisé pour un effort important, le tableau donnera donc les valeurs suivantes:

Vitesses	Gammes	Temps pour parcourir 100 mètres (en secondes)		Vitesses en Km par heure	
		Régime 65%	Régime 85% et Pdf = 540	Régime 65%	Régime 85%
1	LENTE	630	485	0,57	0,70
2		410	306	0,90	1,18
3		279	209	1,29	1,72
4		186	198	1,93	2,60
1	MOYENNE	184	198	1,90	2,60
2		119	88	3,00	4,00
3		81	60	4,40	6,00
4		53	40	6,80	9,00
1	RAPIDE	61	46	6,00	7,80
2		38	29	9,50	12,40
3		27	20	13,30	18,00
4		18	14	20,00	25,70

Grâce à ce tableau également possible de se faire une idée de la qualité de l'étagement de la boîte de vitesse. Ainsi pour ce tracteur on remarquera qu'au régime de 85% (effort important et prise de force 540 tr/mn), il n'y a pas de rapport de boîte de vitesse disponible, pour avancer entre 2,6 et 4 km/h, 4 et 6 km/h et 6 et 7,8 km/h. On peut en déduire qu'il manque à ce tracteur un réducteur supplémentaire qui permettrait de disposer de vitesses intermédiaires très utiles dans de nombreux domaines d'utilisation et en particulier en préparation du sol. Il est donc utile avant tout achat de tracteur de vérifier l'étagement de la boîte de vitesses pour éviter d'éventuelles surprises par la suite.

Avec ce tableau le conducteur aura une idée précise de sa vitesse d'avancement s'il utilise des régimes intermédiaires. Pour un même rapport la vitesses étant proportionnelle au régime du moteur, il lui sera donc facile de la définir avec précision grâce à un calcul très simple:

Exemple pour connaître la vitesse d'avancement à 1800 tr/mn du régime moteur pour le rapport 2 – 4 (gamme moyenne, rapport de vitesse N° 4) de ce tracteur sans réaliser de chronométrage grâce à la formule:

$$\mathbf{V}_{(1800)} = \mathbf{V}_{(1650)} + (\mathbf{Dv} : \mathbf{Dr}) \times (\mathbf{Ru} - \mathbf{Rmini})$$

- **V**(1800) = Vitesse en km/h du rapport sélectionné au régime de 1800 tr/mn (valeur recherchée).
- **V**(1650) = Vitesse en km/h du rapport sélectionné au régime mini toléré (1650 tr/mn) pour ce tracteur).
- **Dv** = Différence de vitesse entre les deux valeurs des régimes moteurs de référence pour le rapport concerné (2 – 4 soit 9 – 6,8 = 2,2 km/h).
- **Dr** = Différence entre le régime nominale et mini (2150 – 1650 = 500 tr/mn).
- **Ru** = Régime d'utilisation prévisionnel (pour l'exemple 1800 tr/mn).
- **Rmini** = Régime d'utilisation minimal autorisé (pour l'exemple 1650tr/mn).

Le calcul est établi ainsi:

V (1800)**= 6,8** km/h **+ (2,2** km/h **: 500** tr/mn**) x (1800** tr/mn **– 1650 tr/mn)**

V (1800)**= 6,8** km/h **+ 0,0044 x 150** tr/mn

V (1800)= **7,46** km/h

Pour les tracteurs ayant un compteur de vitesses d'avancement à lecture directe, il est important de procéder à un étalonnage sur quelques vitesses de travail couramment utilisées (de 4 à 8 km/h), afin de vérifier que les valeurs affichées sont conformes à la réalité. Dans le cas d'une non concordance, le conducteur devra appliquer un cœfficient de correction (quelques %) ou si cela est possible, demander à son concessionnaire d'entrer dans la programmation du boîtier calculateur pour corriger la dérive.

Si dans le cas de travaux de préparation du sol, par exemple, connaître sa vitesse d'avancement est une indication de rendement du chantier et de condition de travail (tassement, état physique du sol), il n'en est pas de même lors de l'utilisation d'appareils comme les pulvérisateurs, les épandeurs à engrais ou encore les tonnes à lisier. Ces machines doivent être réglées avec grande précision et les paramètres d'utilisation (vitesses d'avancement, largeur de travail, quantité de produit par hectare) font partie intégrante d'une formule de réglage indispensable. Une mauvaise rédaction de la formule (paramétrages erronés) ou une mauvaise application des valeurs de référence (vitesse d'avancement par exemple), et l'épandage est sous ou sur dosé avec des conséquences financières non négligeables (surcoût, perte partielle ou totale de la récolte,…), sans compter sur les risques de pollution environnementales que cela pourrait engendrer.

CONNAÎTRE LES VITESSES D'AVANCEMENT DU TRACTEUR PERMET D'OPTIMISER LE REGLAGE ET L'UTILISATION DES OUTILS.

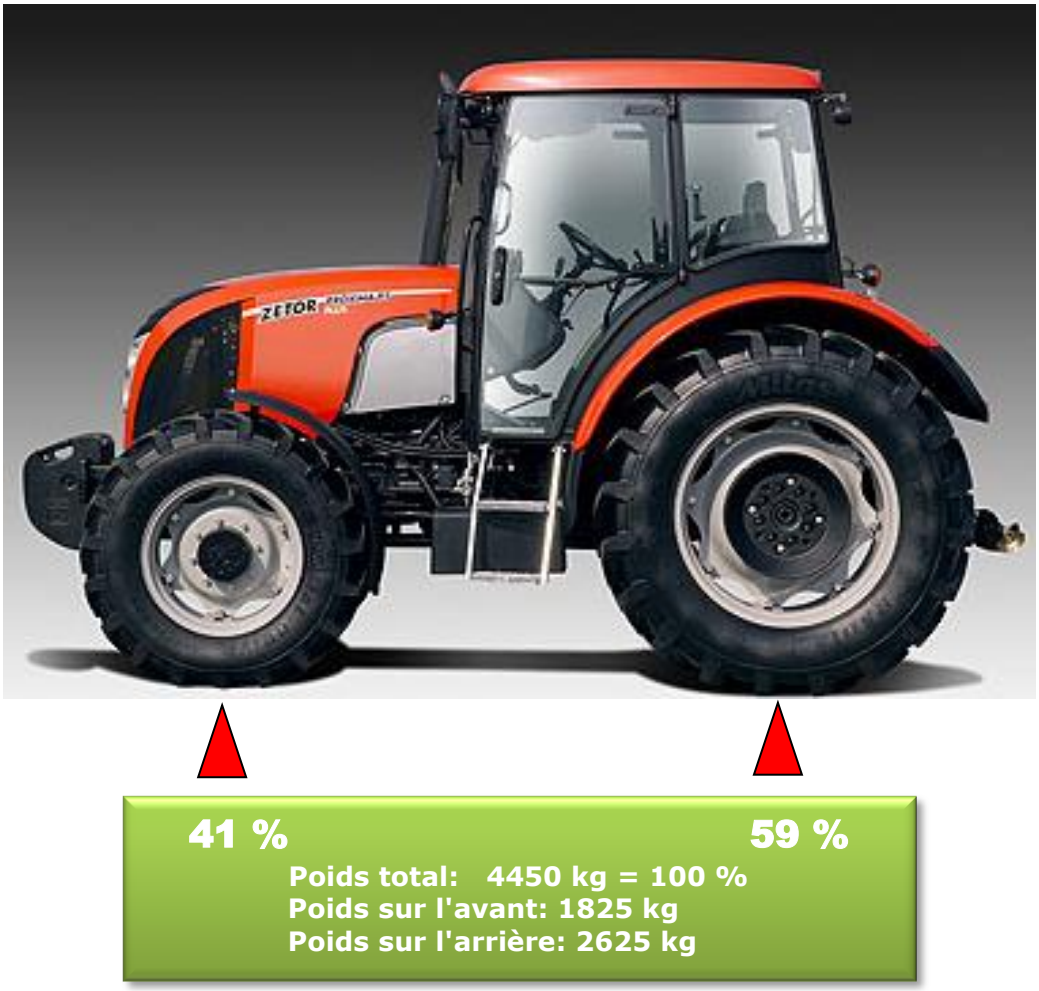
CHAPITRE 3.

Le lestage du tracteur.

Le poids du tracteur conditionne directement son accrochage au sol, c'est-à-dire l'adhérence. Bien connaître le poids de son tracteur en ordre de marche avec un bon équilibre des masses permet d'adapter avec précision la pression des pneumatiques à la charge supportée, ce qui aura une incidence directe sur le rendement à la traction, la pression exercée sur le sol par l'attelage et une optimisation de la durée de vie des pneumatiques.

1) Equilibre des masses.

En position statique, un tracteur n'a pas une répartition égale de son poids sur les essieux moteurs (ceci n'est valable que pour un tracteur 4 RM dont les essieux ont des roues à diamètres inégaux). Exemple pour un tracteur de 85 Ch. dont le poids maximum lesté est de 4450 kg (poids à vide 3900 kg + masses avant 400 kg + masses arrière 150 kg):



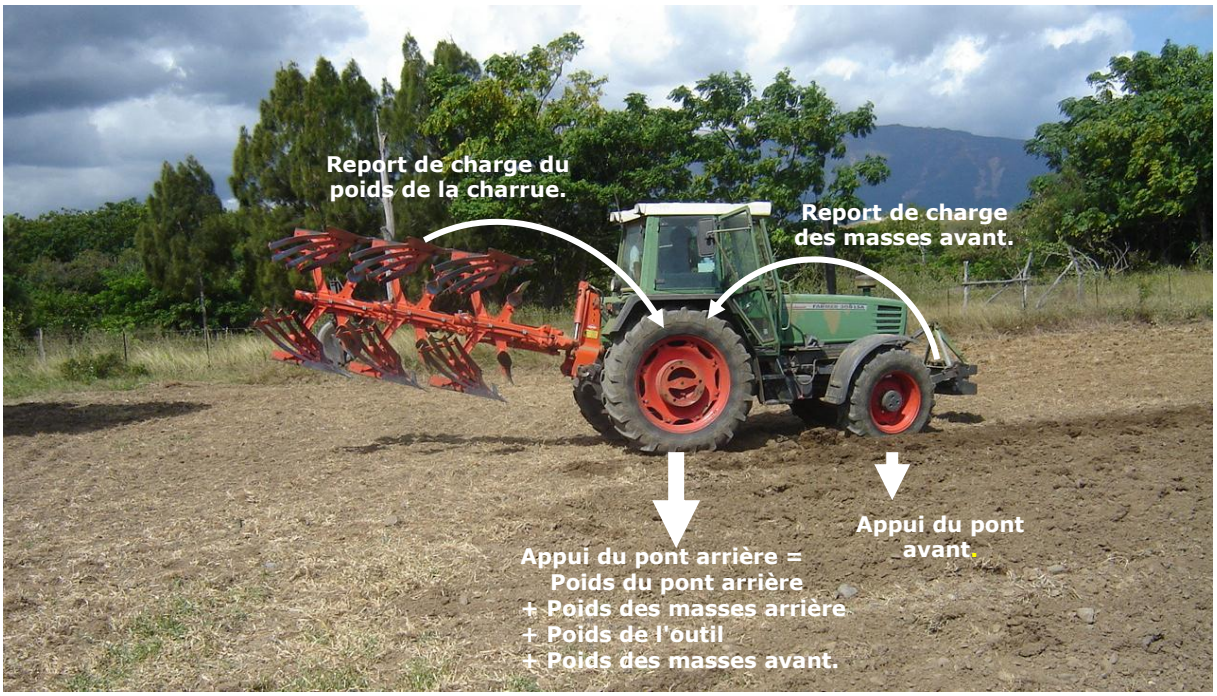
Au travail ce même tracteur, aura la capacité de transférer une partie de son poids avant sur l'essieu avant (jusqu'à 80 %) pour améliorer l'ancrage du tracteur au sol c'est-à-dire son adhérence: ***c'est le report de charge***. Ce transfert de poids est fondamental pour utiliser pleinement sa capacité de traction (ou effort de traction), d'où l'importance du lestage et du réglage de l'attelage des outils (voir chapitre 5).

2) Le poids adhérent.

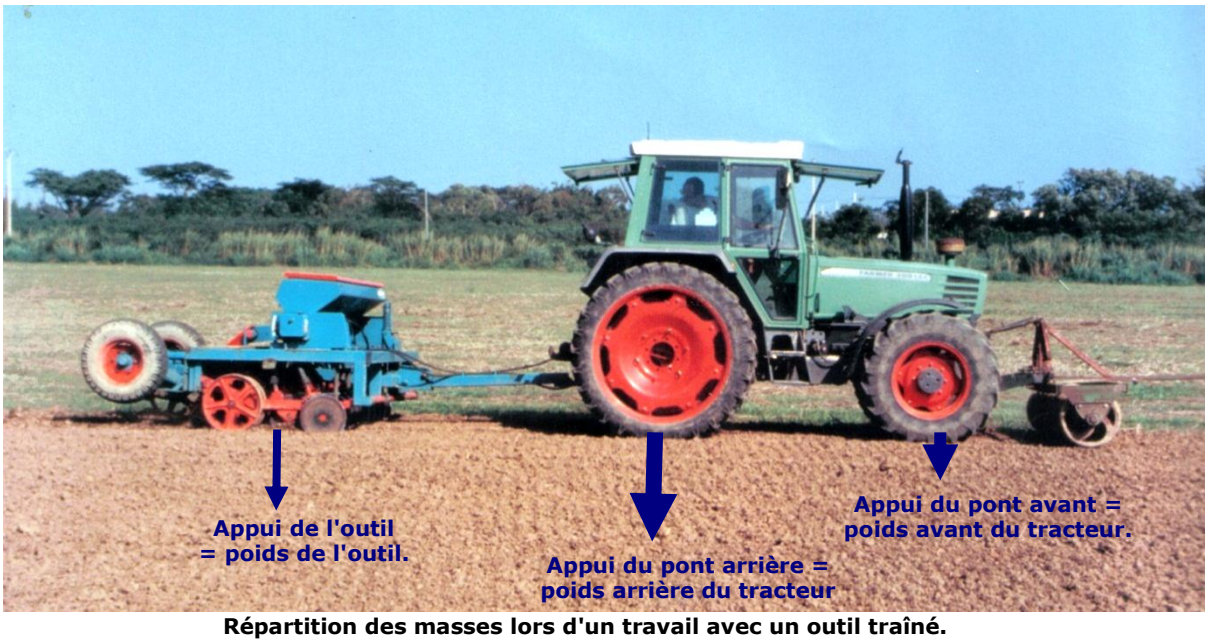
Il existe une règle de base en matière d'effort de traction:

Un tracteur ne peut fournir un effort de traction supérieur à la valeur de son poids en ordre de marche.

Le poids en ordre de marche correspond au poids du tracteur additionné des masses d'alourdissement et du poids de l'outil qu'il porte et contrôle. Ainsi les outils traînés (pulvériseur à disques autoporté, semoir semis direct,…) n'exercent aucun report de charge sur le tracteur, contrairement à une charrue à socs par exemple, qui est portée et dont la profondeur de travail est contrôlée par le relevage hydraulique.


Report de charge du poids de la charrue.
Report de charge des masses avant.
Appui du pont avant.
Appui du pont arrière =
Poids du pont arrière
+ Poids des masses arrière
+ Poids de l'outil
+ Poids des masses avant.

Reports des charges sur un attelage porté.


Appui de l'outil
= poids de l'outil.
Appui du pont arrière =
poids arrière du tracteur
Appui du pont avant =
poids avant du tracteur.

Répartition des masses lors d'un travail avec un outil traîné.

L'effort possible du tracteur est lié à la réaction maximum du sol sur les roues motrices elle-même fonction de différents paramètres:

- La charge sur les roues motrices composées des forces s'exerçant sur le tracteur:
  - Poids du tracteur.
  - Reports des charges portées.
  - Réglages de l'attelage.
- La nature du contact pneus-sol:
  - Surface d'impact au sol.
  - Pression des pneumatiques.
  - Formes et dimensions de sculptures.
  - Texture et état physique du sol.

Pratiquement, l'effort de traction ne dépasse pas 60% du poids total du tracteur augmenté des reports de charges (outil et masses d'alourdissement). Un tracteur d'un poids en ordre de marche de 4 tonnes pourra rarement exercer un effort de traction, sur un terrain agricole, de plus de 2,5 tonnes.
Sachant que l'effort de traction est directement lié au poids du tracteur attelé, il devient donc aisé de trouver le poids optimum de l'attelage: ***le poids adhérent*** *(ou encore appelé le rapport poids/puissance).*

Ce poids adhérent se calcule en fonction de la puissance nominale du moteur exprimée en chevaux à la norme ECE R24 qui est la référence pour les tracteurs agricoles. L'unité du poids adhérent devient donc ***le kilogramme par cheval (kg/Ch.)***. C'est lui qui augmentera le coefficient d'adhérence du tracteur, pour lui assurer une meilleure traction sans qu'il soit nécessaire de ralentir la vitesse ni même d'augmenter la puissance de base du tracteur. Plus les efforts de traction demandés sont important plus le poids adhérent devra être élevé. Cependant, pour des raisons de préservation des systèmes mécaniques de la transmission (boîte de vitesses, ponts et réducteurs), la valeur du poids adhérent ne devra pas dépasser 55 kg/Ch.

Exemple pour un tracteur de 85 Ch. devant tirer une charrue de trois socs réversibles:

- Tracteur:
  - Poids à vide: 3900 kg.
  - Lestages possibles: avant = 400 kg; arrière = 150 kg.
- Charrue:
  - Poids total: 1060 kg.
  - Largeur de travail 3 x 16" soit environ 1,22 m.
- Condition de travail:
  - Vitesse d'avancement: 1,5 m/s soit 5,4 km/h.
  - Résistance du sol à la traction: 60 kg/dm² (cette valeur correspond à un sol limono-argileux en consistance friable à sec).
  - Profondeur moyenne de travail: 25 cm.

Effort de traction pressenti (E):

E = largeur de travail x résistance du sol x Profondeur de travail
E = 12,2 dm x 60 Kg/dm²x 2,5 dm
E = 1830 kg

Poids du tracteur nécessaire pour tirer la charrue (Pt):

Pt = (Effort de traction + poids de la charrue) x 1,4
Pt = 1830 + 1060 x 1,4
Pt = 4046 kg

Puissance utilisée en Ch. (Pu):

Pu = (effort de traction x vitesses d'avancement en m/s) / 75
Pu = 1830 x 1,5 / 75
Pu = 37 Ch.

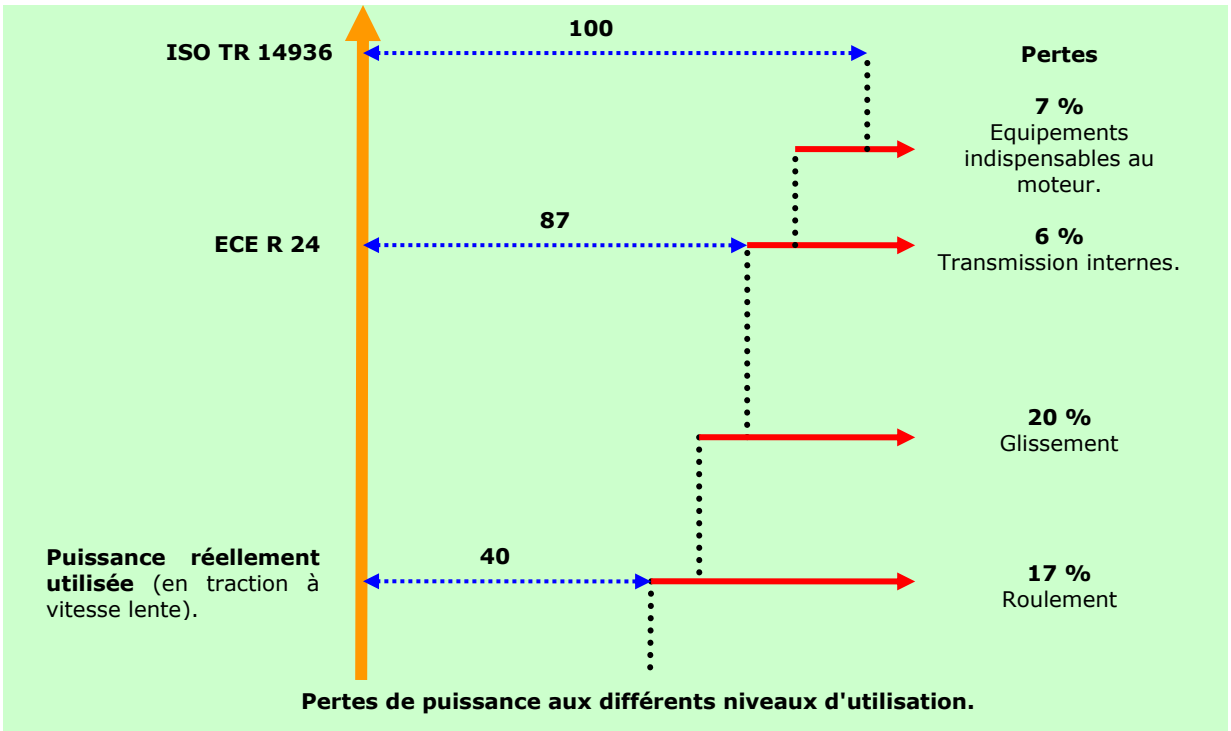
Conclusion:

- La puissance requise (Pu) pour tirer cette charrue n'est que de 43,5 % de la puissance disponible.
- En théorie, le poids du tracteur à vide est légèrement insuffisant donc l'utilisateur devra le lester d'au moins 200 kg (en général, la totalité des masses avant sont installées).
- Poids adhérent requis (Pa):

  Pa = Pt / Puissance du tracteur
  Pa = 4046 / 85
  Pa = 47,6
  Pa réel = 52,3 avec 400 kg d'alourdissement (masse avant)

Il est évident, que lorsque le besoin existe, il faut pouvoir alourdir le tracteur pour atteindre le poids adhérent optimal. Dans le cas de l'exemple précédent le tracteur de 85 Ch. peut accepter 550 kg de poids supplémentaire (400 kg à l'avant et 150 kg à l'arrière). Cependant cette augmentation de poids ne doit pas être définitive car pour certains travaux exigeant peu d'adhérence et des vitesses d'avancement élevés (épandages, semis, reprises du labour superficielles,…), le tracteur devra être le plus "léger" possible.
Les excès de poids conjugués à des vitesses d'exécution trop rapide génèrent des besoins en puissance supplémentaires importants (les besoins en puissance sont plus que proportionnels à la vitesse) et pourraient générer des usures précoces au niveau des engrenages de la boîte de vitesse, des réducteurs et des ponts.

Pour reprendre l'exemple ci-dessus, si le conducteur décide de labourer à 7 km/h soit 1,94 m/s, la puissance de traction passera de 37 à 47,3 Ch. ce qui correspondrait à une puissance disponible au moteur de 103 Ch. (+ 22,2 %).
Le schéma ci–dessous examine les différents "niveaux d'utilisation" en chiffrant les pertes afin d'évaluer le rendement global du moteur.
En partant de l'indice 100 (norme ISO TR 14936) seulement 87 (norme ECE R 24) sont disponibles à la prise de force (ou à l'axe des roues) et seulement à en utilisation lors de travaux de traction compte tenu de 20 % de pertes par glissement et 17 % de pertes par roulement. Ces valeurs expliquent la différence entre la puissance disponible au moteur et celle "consommée" par la charrue à une vitesse donnée.



Pertes de puissance aux différents niveaux d'utilisation.

Le glissement est défini comme la variation relative de la distance parcourue pour un tour de roue. Une roue motrice, en action, glisse toujours plus ou moins par rapport au sol. Lorsqu'elle a fait une rotation complète, le tracteur ne s'est pas déplacé d'une distance égale à la circonférence de la roue mais d'une distance plus faible.
Le glissement est généralement exprimé en % et varie selon l'état du pneu (usure, pression de gonflage, forme des barrettes, surface de contact au sol, etc.) et de l'état physique du sol. Pour diminuer les pertes par glissement, il suffit d'augmenter la charge sur les roues motrices (lestage) ou d'augmenter la surface de contact des roues motrices avec le sol (pneus de grand diamètre, extra larges ou jumelage).

Le roulement est une résistance mécanique s'opposant à l'avancement d'un véhicule. Pour faire avancer un engin muni de roues, il faut exercer un certain effort, proportionnel au poids de l'engin. La résistance au roulement apparaît donc comme un couple résistant à l'avancement qu'il faut vaincre: c'est donc un consommateur d'énergie qui sera déduite de la disponibilité initiale fournie par le moteur (estimation du schéma:17 %).

Un constat majeur s'impose: glissement et roulement s'opposent de par leur action. Si pour diminuer le glissement, il suffit d'alourdir le poids d'appui sur les roues motrices, donc le poids du tracteur. Mais cet alourdissement augmentera de fait la résistance au roulement. C'est pourquoi pour des raisons de préservation des organes de la transmission du tracteur le poids adhérent (ou rapport poids puissance) est limité à 55 kg par cheval (à la norme ECE R 24).

En conclusion: en effort de traction pur, la puissance disponible aux roues (équivalente à celle disponible pour la prise de force) ne sera optimisée qu'au travers d'un lestage approprié. Il est donc faux de penser que la puissance d'un tracteur est directement liée à sa capacité de traction. La vraie référence doit être le rapport poids puissance de base (ou poids adhérent), son évolution possible au travers du lestage, associé à une boîte de vitesses adaptée (type, nombre de rapports, mode de passage,…).

3) Amélioration de l'adhérence du tracteur.

a) Le lestage:

Le poids effectif sur les roues motrices du tracteur détermine la charge qu'il peut tracter ou traîner à différentes vitesses de travail sur un sol agricole. Selon l'état physique et le degré de compactage du terrain où évolue le tracteur, la traction à la barre d'attelage ou aux rotules d'attelage du relevage hydraulique, varie de 40 à 60% du poids reposant sur les roues (40% avec un outil traîné comme le pulvériseur à disques, 60 % pour des outils portés du genre charrue portée).
Le poids de référence correspond au poids total du lest (masses d'alourdissement avant et arrière) et du poids transféré par le mode d'attelage de l'outil (voir photos page 26):

- ***Outils portés*** sur le relevage hydraulique: report de poids sur le tracteur équivalent au poids de l'outil puisque le relevage contrôle la profondeur donc le supporte au travail (le poids de la terre sur les pièces travaillantes est considéré comme nul).
- ***Outils traînés*** par accrochage à la barre oscillante: report de poids sur le tracteur est considéré comme nul. L'outil contrôle sa profondeur de travail par ses propres moyens (roues de jauge, rouleaux, etc.).

Généralement, il n'est guère possible d'influer sur le type de terrain où évolue l'attelage, il faudra donc ajuster l'adhérence par augmentation du poids du tracteur tout en restant dans les limites du poids adhérent maximum toléré soit 55 kg/Ch.

a.1) Le lestage arrière:

- *Le lestage liquide:* il ne prend aucune place sur le tracteur. Les pneus arrière sont remplis à 75 % de leur volume avec de l'eau. Le volume restant servant de "coussin d'air" agissant comme un amortisseur. Ce type de lestage est long à réaliser et ne peut être retiré à volonté car la vidange du liquide est peut aisé. De plus lors de travaux dit "légers" le surpoids du tracteur se révélera pénalisant (limitation de la vitesse, tassement excessifs, etc.). Autre inconvénient, ce mode de lestage n'est réalisable que sur des montes de pneumatiques avec des chambres à air ce qui est peu fréquent sur les tracteurs actuels. Ces derniers sont généralement équipés de pneumatiques appelés "tubeless" (sans chambre à air). Enfin en cas de crevaison, l'intervention est assez pénible du fait du poids de la roue. Ce type de lestage est donc peu conseillé.
- *Le lestage solide:* c'est le plus couramment utilisé. Il est réalisé par accrochage de masse en fonte sur les jantes arrière du tracteur.

La photo ci-contre montre le montage d'anneaux en fonte, vissés sur le voile des roues arrière.
L'installation de ces anneaux pesant souvent entre 50 et 75 kg demande un appareillage adapté pour leur levage ou bien nécessite l'intervention manuelle de deux hommes.
Ce mode de lestage arrière est plus pratique que le précédent mais reste cependant assez long à installer ou à désinstaller.

a.2) Le lestage avant:

- *Le lestage sur les roues:*
  - Lestage liquide: comme pour les roues arrière les pneumatiques sont remplies d'eau. Mais les inconvénients restent les mêmes que pour les roues arrières (montage avec chambre à air, difficulté de délestage, poids de la roues,…). En outre la taille plus réduite des pneumatiques ne permet pas d'augmenter le poids de façon significative; surtout si le tracteur est du type deux roues motrices.
  - Lestage à l'aide de masses amovibles: même montage que sur l'essieu arrière, des masses en forme d'anneaux peuvent être fixées à l'aide d'une boulonnerie sur les jantes. Ce type de lestage est plus simple à réaliser mais présente des risques pour la direction (usure prématurée des rotules d'articulation) du fait de l'alourdissement du poids des roues.

- *Le lestage sur le châssis:*

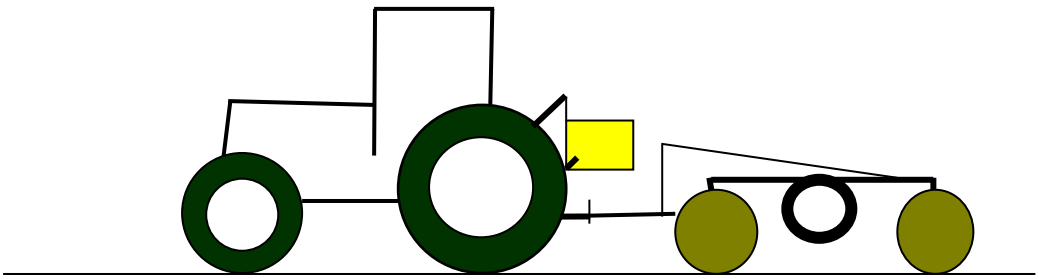
Deux solutions sont possibles:
- Fixation de masse amovibles sur le support d'essieu avant.
- Utilisation d'un relevage avant pour accrochage d'un jeu de masses amovibles.

Lestage sur le porte essieu avant.

Lestage à l'aide du relevage avant.

Le lestage au châssis est réalisé grâce à des masses modulaires appelées couramment "jerrican", emboîtées les unes aux autres et arrimées sur un porte masse. Elles pèsent entre 20 et 40 kg et sont plus faciles à manutentionner que des masses de roues (anse de préhension, accrochage rapide). Selon le gabarit du tracteur le poids additionnel peut atteindre 1 tonne.
Le lestage sur le relevage par le biais de masses fixées sur un bâti du type "trois point" est réalisé sans effort grâce à la mobilité des bras de levage. Ce mode de lestage doit être décidé lors de l'achat du tracteur car un relevage avant est plus économique à l'achat d'un tracteur neuf plutôt qu'une adaptation à posteriori.

- *Lestage particulier:*
Il concerne uniquement l'usage des pulvériseurs à disques (crover crop) et autres outils semi portés exigeants une forte puissance de traction de par leur poids et leurs modes d'action. Ces appareils sont tractés (accrochage à la barre oscillante et non au relevage hydraulique). Ils n'exercent donc aucun report de charge sur les roues motrices arrière du tracteur. En réalité, ils ont un effet inverse c'est-à-dire qu'ils délestent l'essieu arrière pour le transférer sur les roues avant qui bien qu'étant motrices (dans la plupart des cas) sont de trop petits diamètres pour assurer une bonne traction.
Cette situation a pour conséquence d'augmenter le patinage des roues motrices, de solliciter fortement le pont avant, et de créer un déséquilibre de masses provoquant la mise en crabe du tracteur (les roues avant ne tirant pas dans le même axe que les roues arrières) tout en rendant la conduite du tracteur très inconfortable car ce dernier se met souvent à "sautiller" (phénomène lié à des pertes d'adhérences du pont arrière pendant des laps de temps très courts).
La solution par le lestage consistera à adapter des masses sur le relevage arrière afin d'apporter un appui supplémentaire aux roues motrices arrière. L'attelage d'un pulvériseur disques étant assez bas, cela ne pose aucune difficulté pour associer ce lestage installé sur le relevage hydraulique et l'arrimage de l'outil au tracteur. Ce supplément de poids exercera un appui sur les roues arrière mais permettra également de transférer une partie du poids avant du tracteur (report de charge par le troisième point du relevage).



b) Le jumelage:

Souvent le lestage du tracteur ne suffit pas à améliorer son adhérence. Il peut au contraire avoir des conséquences très négatives en particulier quand il s'agit de préservation de la structure du sol. Ainsi en condition très humide (consistance semi plastique du sol), un poids important du tracteur peut entraîner des compactages nuisibles à la plante et à la circulation naturelle de l'eau dans le sol (drainage). Pour remédier à ce problème, l'agriculteur peut avoir recours du jumelage des roues motrices.
L'effort de traction est lié à l'adhérence des roues sur le sol, qui elle-même est dépendante de deux facteurs prépondérants: la surface de contact des pneumatiques avec le sol et le poids d'appui sur ces mêmes pneumatiques. S'il n'est pas possible d'augmenter le poids d'appui pour des raisons de portance du sol (on utilise aussi le terme de traficabilité), il ne reste qu'une seule solution: l'augmentation de la surface de contact d'où l'idée de jumeler les roues motrices.
La solution du jumelage est surtout conseillée pour tracter des outils traînés n'exerçant aucun report de charge sur les essieux moteur du tracteur (semoir semis direct, pulvériseurs à disques

Le jumelage consiste à associer deux roues de même diamètre extérieur aux roues motrices grâce à des fixations rapides. Le jumelage est souvent réalisable par un homme seul à raison de cinq à dix minutes par roues selon leur diamètre et du type de fixation. Il est appelé partiel lorsque seules les roues motrices arrière sont jumelées et total si toutes les roues motrices le sont.

Le jumelage n'est pas l'apanage des tracteurs de grosses puissances. Il est vrai que jumeler des roues augmente la largeur hors tout du tracteur et comme l'outil qu'il doit mettre en œuvre doit lui être au moins égale, il est toujours possible d'associer aux roues motrices un jumelage avec des montes de pneus plus étroites mais de circonférences extérieures identiques.

Jumelage total.

Jumelage partiel avec des pneumatiques de largeurs différentes.

Le jumelage sur des tracteurs de forte puissance est du type "adhérence" c'est-à-dire qu'il permet d'augmenter la capacité de traction du tracteur sans modifier son poids ni sa puissance. Par contre le jumelage sur les tracteurs de puissances moyennes (inférieur à 100 - 120 Ch.) est dit de "portance" car souvent utilisé lors des travaux de reprise du labour ou de semis donc préserver la structure du sol en limitant son tassement du aux passages des outils.
Enfin pour des raisons de préservation de la transmission, le jumelage implique un délestage du tracteur et les vitesses sur route lors des déplacements sont limitées à 25 km/h. Un jumelage peut être réalisé après l'achat du tracteur, les adaptations ne sont pas spécifiques aux marques de tracteur.

CHAPITRE 4.

Les pneumatiques agricoles.

1) Généralités.

Le matériel d'une exploitation n'a de raison d'exister que s'il peut se déplacer sur les champs, sur les routes et sur les chemins.
La résistance du sol à la pénétration de la charrue s'oppose à l'avancement du tracteur. Le binage ou les traitements phytosanitaires en cours de végétation ne peuvent se faire que dans d'étroites limites de passage. Ces deux exemples démontrent ainsi que travail de traction et déplacement ne sont pas naturellement compatibles:

- Le relief et la structure du sol sont des données imposées à l'agriculteur sans qu'il puisse les modifier dans le seul but de faciliter la locomotion.
- Tous les travaux du sol augmentent la porosité du sol et sont donc défavorables à la traficabilité.
- L'état du sol, les conditions climatiques et les nécessités du cycle de végétation, déterminent eux seuls les moments du travail. Les machines doivent se conformer à ces exigences sans dépendre de la traficabilité du terrain; un champ n'est pas un simple support pour le passage des machines: c'est un ensemble complexe et fragile. Toute perturbation apportée à son équilibre peut avoir des répercussions importantes sur le rendement (incidences à court terme) mais sur la fertilité (incidence à moyen long terme). Ainsi, le tassement est une des principales conséquences d'un mauvais choix de mode de roulement (dimension, pression,…) ou de son utilisation (vitesse, lestage,…).
- Enfin, l'exploitant passe de nombreuses heures sur les machines, un confort suffisant doit lui être donc assuré; le tassement de la colonne vertébrale est une maladie professionnelle très répandue chez les agriculteurs. Même si de nos jours les cabines et les sièges des tracteurs sont de bien meilleure qualité, le pneumatique fait partie des éléments qui amortissent vibrations et secousses.

En conséquence, le choix des pneumatiques pour les tracteurs et machines agricoles devra tenir compte des nécessités suivantes:

- Supporter les charges qui lui sont imposées aux vitesses d'utilisations sur route ou sur champ.
- Avoir des caractéristiques dimensionnelles permettant le passage sur les cultures en végétation, tout en préservant la stabilité du matériel.
- Procurer pour tous les travaux, en toutes conditions de relief et de l'état du sol, l'adhérence nécessaire à l'avancement.
- Limiter par sa faible pression au sol et l'ensemble de son comportement les détériorations des terrains de culture.
- Faciliter par son aptitude à transmettre les efforts du moteur, ainsi que par sa durée une gestion économique de l'exploitation.
- Contribuer au confort, à la sécurité et au bon état de santé du conducteur tout en aidant à préserver la machine.

2) Caractéristiques et dimensions du pneu agricole.

Il existe de nombreux type de pneumatiques agricoles ayant chacun une application particulière, c'est pourquoi il est assez difficile de trouver ***le*** bon type de pneumatiques

tant les applications du tracteur, des automoteurs et de matériels de transport sont nombreuses:

- Les pneus "tracteurs" utilisé sur les roues motrices des tracteurs et des engins automoteurs.

Etroit.

Standard.

Large.

Extra large.

Extra large à grand volume.

Extra large à très grand volume.

- Les pneus "directeurs" utilisé sur l'essieu directeur des tracteurs ou automotrice à deux roues motrices.

Pneumatiques directeurs avec différents types de structure.

- Les pneus "porteurs" utilisés sur tous les matériels de transport agricole.

Pneumatiques pour transport de lourdes charges à vitesses.

Polyvalent.

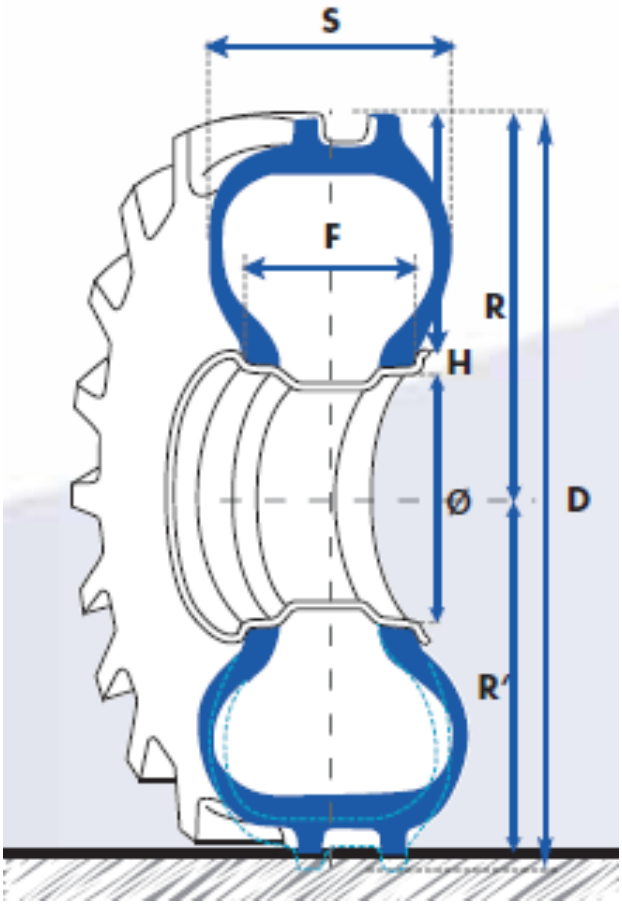
Pneumatiques à fort volume et basse pression pour préservation des sols.

Le choix d'un type de pneumatique consiste donc à trouver un bon compromis pour une utilisation aux champs (adhérence, dimensions) et lors des transports sur route comme au champ (capacité de charge, résistance au roulement, pression au sol,…).

Les caractéristiques d'un pneumatique agricole sont définies par une série de marquage sur ses flancs, exemple sur un pneu de marque MICHELIN:

XeBib: Gamme du pneu.
VF (very hight flexion): Préfixe désignant une catégorie de pneu.
650: Section nominale du pneu en mm
60: Rapport hauteur flanc/ section nominale du pneu.
R: Carcasse du type radiale.
38: Diamètre nominal de la jante en pouce (1 pouce = 2,54 cm).
155: Indice de capacité de charge à une pression de référence de 1,6 bars ou kg/cm² (pour ce pneumatique 155 = 3875 kg).
D: Code de vitesse (pour ce pneumatique 65 = 65 km/h).
Tubeless: Pneumatique monté sans chambre à air.

Cotes dimensionnelles d'une enveloppe et de la jante:



Enveloppe:

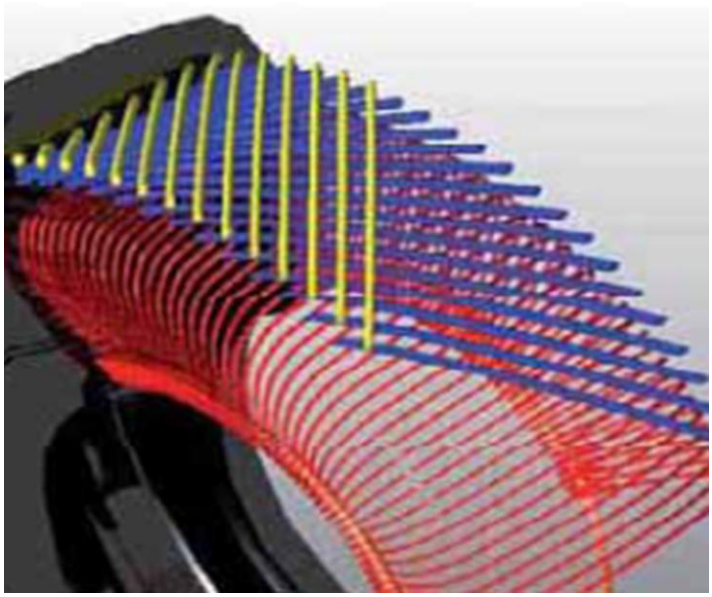
S largeur de section du pneu.
R' rayon sous charge.
R rayon sans charge.
D diamètre extérieur, égal à 2R.
C.d.r. Circonférence de roulement du pneu à charge et pression de référence (1,6 bars ou kg/cm²).

Jante:

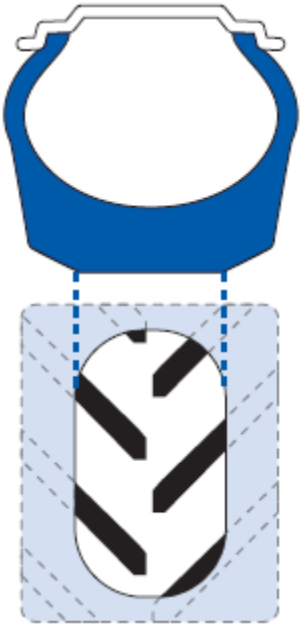
F largeur intérieure.
H hauteur d'accrochage.
Ø diamètre du seat (diamètre intérieur du pneu).

Principe de travail des pneumatiques: carcasses radiales et diagonales:

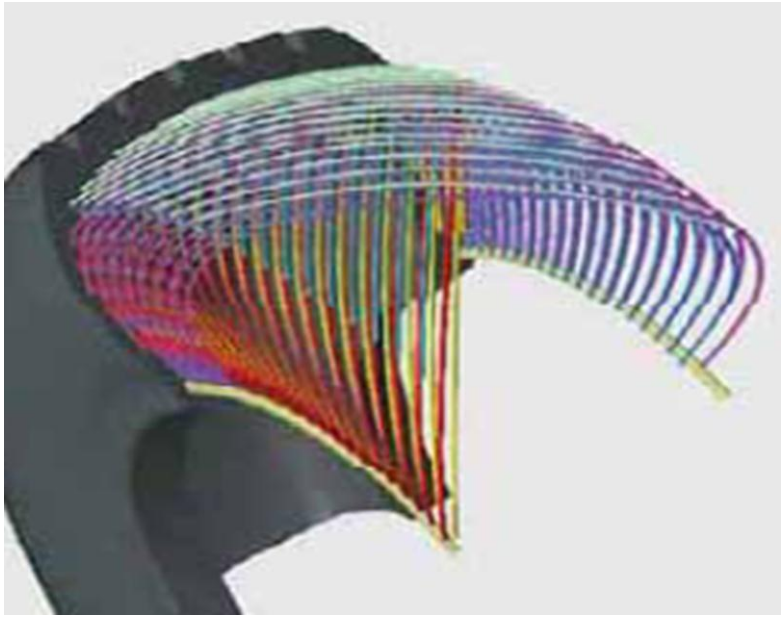
Carcasse radiale.



Grande capacité de flexion des flancs, qui reste indépendante de celle de la bande de roulement.



Carcasse diagonale.



La bande de roulement est solidaire des flancs donc toutes les flexions lui sont transmises.

Le pneu à carcasse radiale présente quatre avantages majeurs par rapport à un pneu à carcasse diagonale:

- **Gain de traction:**
  - Déroulement plus régulier du pneu.
  - Empreinte plus large et plus régulière;
  - Les barrettes sont davantage en contact avec le sol.
- **Meilleure préservation du sol:**
  - Moins de marquage au sol du fait d'une empreinte plu grande.
  - Moins de tassement.
- **Meilleure rentabilité économique:**
  - Economie de temps.
  - Economie de carburant.
  - Durée de vie du pneu plus longue.
- **Confort de conduite accru:**
  - Meilleure absorption des vibrations, surtout sur route.
  - Meilleur confort de la direction.
  - Meilleur auto nettoyage entre les barrettes.

Etude économique comparative (source MICHELIN).

Labour réalisé sur une surface de 70 ha avec un tracteur de 85 Ch. tirant une charrue de 3 corps 14 pouces.			
	Equipement radial.	**Equipement diagonal**	**Gains**
Temps de travail pour labourer 70 ha.	**133 heures**	**152 heures**	**19 heures de travail**
Consommation pour labourer 70 ha.	**1862 litres**	**2128 litres**	**266 litres de gas-oil**

Certains marquages, comme la section nominale du pneu, sont encore identifiés avec des dimensions en pouces, exemple 18.4 R 38 (14.8 est une dimension en pouces). Ce pneu correspond à celui cité en exemple précédemment mais la disparition du chiffre 60 indique que les flancs sont de la même dimension que la section (100%). Attention si vous décidez de changer de marquage, il vous faudra vérifier la compatibilité entre l'ancienne et la nouvelle monte de pneumatique. Le tableau ci-dessous indique toutes les compatibilités en tenant compte du rapport hauteur du flanc/section nominale.

Ø de jante	Appellations en Pouces	Pneus Série 85	Pneus Série 80	Pneus Série 75	Pneus Série 70	Pneus Série 65	Pneus Série 60	Pneus Série 50-55	Pneus Étroits Série 90-95	Pneus Étroits Pouces
		Appelations millimétriques								
16	6.50 R16				260/70 R16	280/65 R16				
	7.50 R16		250/80 R16		280/70 R16	**320/65 R16**				
18	7.50 R18		250/80 R18		280/70 R18	**320/65 R18**				
20	7.50 R20				280/70 R20	**340/65 R18**				
	9.5 R20		260/80 R20		300/70 R20	340/65 R20				
	11.2 R20	280/85 R20			320/70 R20					
	12.4 R20	320/85 R20 250/85 R24	340/80 R20	340/75 R20	360/70 R20 300/70 R24	**420/65 R20**				
24	8.3 R24	280/85 R20			320/70 R20					
	9.5 R24	320/85 R20 250/85 R24	340/80 R20	340/75 R20	360/70 R20 300/70 R24	**420/65 R20**				
	11.2 R24	280/85 R24			**320/70 R24** **380/70 R20**	440/65 R20				
	12.4 R24	320/85 R24			**360/70 R24**	**420/65 R24**				
	13.6 R24	340/85 R24			**380/70 R24** **400/70 R24**	**440/65 R24**			210/95 R32	8.3 R32
	14.9 R24	380/85 R24			**420/70 R24**	**480/65 R24**			230/95 R32	9.5 R32
	16.9 R24	420/85 R24			**480/70 R24**	**540/65 R24**			270/95 R32	11.2 R32
26	14.9 R26				**380/70 R28**	**540/65 R24**				
	16.9 R26				480/70 R26	540/65 R26			270/95 R32 230/95 R36	11.2 R32 9.5 R36
	18.4 R26				520/70 R26 480/70 R28 580/70 R26	**540/65 R28**	**600/60 R28**	750/50 R26	270/95 R36 230/95 R38	11.2 R36 9.5 R38
	23.1 R26			**620/75 R26**	**600/70 R30** **650/70 R26**	600/65 R32 750/65 R26		**1000/50 R25**		
	28 LR26			**620/75 R26**	**600/70 R30** **650/70 R26**	600/65 R32 750/65 R26		**1000/50 R25**		
28	9.5 R28	250/85 R28			**360/70 R24**	340/65 R28				
	11.2 R28	280/85 R28			320/70 R28	**440/65 R24**			210/95 R32	8.3 R32
	12.4 R28	320/85 R28			**360/70 R28**	**420/65 R28**				
	13.6 R28	340/85 R28			**380/70 R28**	**440/65 R28**	**480/60 R28**		270/95 R32	11.2 R32
	14.9 R28	380/85 R28			**420/70 R28** 480/70 R26	**480/65 R28** 540/65 R26	**520/60 R28**		230/95 R36	9.5 R36
	16.9 R28	420/85 R28			**480/70 R28** **580/70 R26**	**540/65 R28**	**600/60 R28**	750/50 R26	270/95 R36	11.2 R36
30	14.9 R30	**380/85 R30**			**480/70 R28** 420/70 R30	**540/65 R28**			270/95 R36	11.2 R36
	16.9 R30	420/85 R30		480/75 R30	**480/70 R30**	**540/65 R30** **600/65 R28**	**600/60 R30**		270/95 R38 230/95 R40	11.2 R38
	18.4 R30	460/85 R30 320/85 R38			520/70 R30 **620/70 R26** 600/70 R28	600/65 R30		**710/55 R30**	**420/90 R30** 210/95 R44	8.3 R44
	23.1 R30			**620/75 R30**	**480/70 R38** 650/70 R30	**540/65 R38**	**600/60 R38**			
32	12.4 R32	320/85 R32							230/95 R38	9.5 R38
	24.5 R32			**650/75 R32** **620/75 R34**	680/70 R32		800/60 R32			
	30.5 LR32			**680/75 R32** 650/75 R34	680/70 R34	**800/65 R32** 750/65 R34	**710/60 R38**	900/55 R32 **1050/50 R32**		
34	14.9 R34	**380/85 R34**								
	16.9 R34	**420/85 R34**		400/75 R38	**480/70 R34**	**540/65 R34**			230/95 R44	9.5 R44
	18.4 R34	460/85 R34		520/75 R34	**520/70 R34** 650/70 R30	**600/65 R34**			270/95 R44 230/95 R48	11.2 R44 9.5 R48
	23.1 R34			**620/75 R34** **650/75 R32**	**520/70 R38**	**600/65 R38**				
36	11.2 R36	**320/85 R34**							270/95 R36	11.2 R36
	12.4 R36	320/85 R36		480/75 R30	**480/70 R30**	**540/65 R30**	**600/60 R30**		270/95 R38	11.2 R38
	13.6 R36	340/85 R36 380/85 R34 460/85 R30			520/70 R30 600/70 R28 620/70 R26	600/65 R30		710/55 R30	210/95 R44	8.3 R44
38	**12.4 R38**	**320/85 R38**								
	13.6 R38	340/85 R38		400/75 R38	500/70 R34	**540/65 R34**			230/95 R44	9.5 R44
	14.9 R38	380/85 R38 460/85 R34	**380/80 R38**	520/75 R34	**520/70 R34**	**600/65 R34**				
	15.5 R38	340/85 R38		400/75 R38	500/70 R34	**540/65 R34**			230/95 R44	9.5 R44
	16.9 R38	**420/85 R38**		**620/75 R30**	**480/70 R38**	**540/65 R38**	**600/60 R38**		230/95 R48	9.5 R48
	18.4 R38	460/85 R38		**620/75 R34** **650/75 R32**	**520/70 R38** 680/70 R32	**600/65 R38**	**650/60 R38**		300/95 R46 270/95 R48	12.4 R46 11.2 R48
	20.8 R38	520/85 R38	**480/80 R42** **420/80 R46**	**680/75 R32**	**580/70 R38** **620/70 R38**	**650/65 R38** 750/65 R34 **800/65 R32**	**710/60 R38** **900/60 R32**	900/55 R32 1050/50 R32	**320/90 R50** **380/90 R46**	
42	18.4 R42	460/85 R42 340/85 R48		**680/75 R32**	**580/70 R38** **620/70 R38**	600/65 R42 650/65 R38		900/55 R32 1050/50 R32	**320/90 R50**	
	20.8 R42	**520/85 R42** **680/85 R32**	**480/80 R46**	**650/75 R38** **710/75 R34**	**580/70 R42** **620/70 R42** **710/70 R38**	**650/65 R42**	**710/60 R42** **900/60 R32**	900/50 R42	300/95 R52 270/95 R54 320/90 R54	12.4 R52 11.2 R54
46	20.8 R46	**520/85 R46** **650/85 R38**	**480/80 R50**		**800/70 R38** **710/70 R42** **620/70 R46**	650/65 R46	900/60 R38			
2 m 15	-	**710/85 R38**		710/75 R42			900/60 R42			

Le rapport hauteur de flanc/section nominale permet de définir également à quelle catégorie appartient le pneumatique pour un même diamètre de jante:

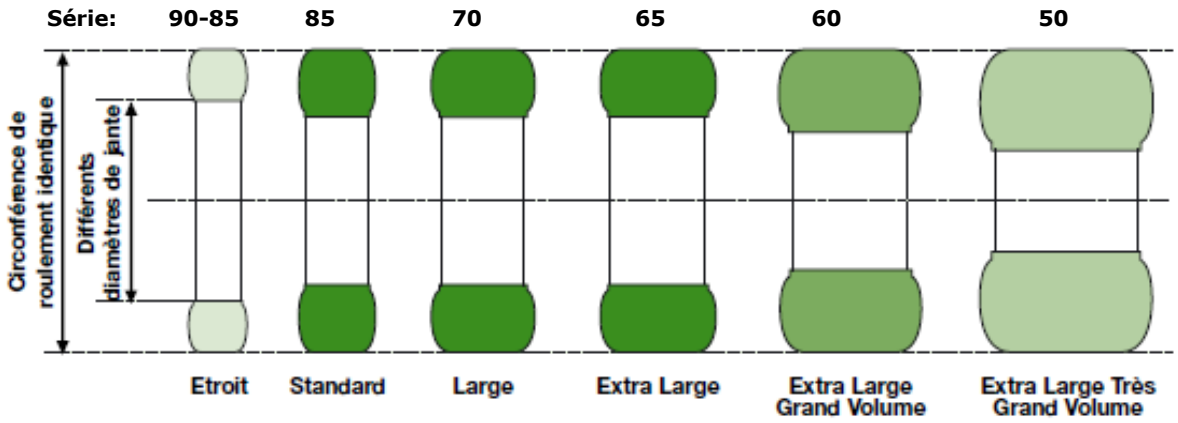


Tableau de correspondance des indices de charge:

Les valeurs de ce tableau sont établies à la pression de référence soit 1,6 bars ou kg/cm².

Indices	Charges en kg	Indices	Charges en kg	Indices	Charges en kg	Indices	Charges en kg	Indices	Charges en kg	Indices	Charges en kg
60	250	81	462	102	850	123	1550	144	2800	165	5150
61	257	82	475	103	875	124	1600	145	2900	166	5300
62	265	83	487	104	900	125	1650	146	3000	167	5450
63	272	84	500	105	925	126	1700	147	3075	168	5600
64	280	85	515	106	950	127	1750	148	3150	169	5800
65	290	86	530	107	975	128	1800	149	3250	170	6000
66	300	87	545	108	1000	129	1850	150	3350	171	6150
67	307	88	560	109	1030	130	1900	151	3450	172	6300
68	315	89	580	110	1060	131	1950	152	3550	173	6500
69	325	90	600	111	1090	132	2000	153	3650	174	6700
70	335	91	615	112	1120	133	2060	154	3750	175	6900
71	345	92	630	113	1150	134	2120	155	3875	176	7100
72	355	93	650	114	1180	135	2180	156	4000	177	7300
73	365	94	670	115	1215	136	2240	157	4125	178	7500
74	375	95	690	116	1250	137	2300	158	4250	179	7750
75	387	96	710	117	1285	138	2360	159	4375	180	8000
76	400	97	730	118	1320	139	2430	160	4500	181	8250
77	412	98	750	119	1360	140	2500	161	4625	182	8500
78	425	99	775	120	1400	141	2575	162	4750	183	8750
79	437	100	800	121	1450	142	2650	163	4875	184	9000
80	450	101	825	122	1500	143	2725	164	5000	185	9250

Tableau de correspondance des codes de vitesses:

Code	Vitesse en km/h
A2	10
A5	25
A6	30
A8	40
B	50
D	65
E	70
F	80
G	90
J	100

Ces codes de vitesses permettent à l'utilisateur de savoir à quelle vitesse le tracteur peut rouler sur la route.
Selon la législation en vigueur du pays où est immatriculé le tracteur, la vitesse maximum autorisée peut varier de 30 à 50 km/h.
Au-delà du respect du code de la route en vigueur, il est très important de vérifier que les pneumatiques montés sur le tracteur sont aptes à supporter la vitesse maximum que peut atteindre le tracteur d'où l'intérêt de ce marquage

3) La pression de gonflage.

a) Généralités:

La pression de gonflage d'un pneumatique influera directement sur l'adhérence du tracteur et déterminera la pression au sol exercée par le tracteur (si son montage de pneus est en rapport avec son gabarit déterminé par son poids et sa puissance nominale).
Il faut retenir:

PRESSION AU SOL = PRESSION DE GONFLAGE + 10%

GONFLAGE CORRECT + ADHERENCE + RESPECT DU PNEU + RENDEMENT OPTIMAL+ CONFORT + DUREE DE VIE DES PNEUMATIQUES

Un pneumatique sous gonflé:

- Fatigue la carcasse.
- Sensibilise les flancs aux frictions et aux pincements.
- Augmente la consommation de carburant.
- Provoque une usure irrégulière des reliefs des pneumatiques.

Un pneumatique sur gonflé:

- Diminue l'adhérence.
- Sensibilise la bande de roulement aux percussions.
- Provoque une usure rapide de la bande de roulement.
- Diminue le confort du conducteur en augmentant les vibrations.

Un jeu de pneumatique correctement utilisé aura une durée de vie supérieure à 2000 heures surtout si leurs carcasses sont du type radial.

b) Tableau de gonflage des pneumatiques agricoles:

Dimensions.		Charge du pneumatique en kg, en fonction de la pression en bar et pour une vitesse maxi de 30 km/h.					
Métriques	Pouces	0,6 bar	0,8 bar	1,0 bar	1,2 bars	1,4 bars	1,6 bars
285/85 R 24 300/70 R 24	9.5 R 24	680	750	820	900	970	1040
280/85 R 24 320/70 R 24	11.2 R 24	820	910	1000	1090	1170	1260
320/85 R 24 360/70 R 24	12.4 R 24	950	1050	1150	1250	1350	1460
340/85 R 24 380/70 R 24	13.6 R 24	1010	1120	1230	1330	1440	1550
380/85 R 24 420/70 R 24	14.9 R 24	1180	1310	1440	1560	1690	1820

420/85 R 24 480/70 R 24	16.9 R 24	1470	1630	1790	1950	2210	2270
480/70 R 26	16.9 R 26	1520	1680	1840	2010	2170	2330
520/70 R 26	18.4 R 26	1740	1930	2110	2300	2490	2680
250/80 R 28	9.5 R 28	720	790	870	950	1020	1100
280/85 R 28	11.2 R 28	870	960	1060	1150	1240	1250
320/85 R 28 360/70 R 28	12.4 R 28	1010	1120	1230	1330	1440	1550
340/85 R 28 380/70 R 28	13.6 R 28	1080	1190	1310	1430	1540	1660
420/70 R 28 380/85 R 28	14.9 R 28	1250	1390	1520	1660	1790	1930
420/85 R 28 480/70 R 28	16.9 R 28	1560	1730	1890	2060	2230	2400
385/85 R 30		1250	1450	1650	1900	2060	2300
420/85 R 30 480/70 R 30	16.9 R 30	1600	1770	1940	2120	2290	2460
460/85 R 30 520/70 R 30	18.4 R 30	1840	2040	2240	2440	2640	2840
420/90 R 30		1550	1800	2060	2300	2575	2800
320/85 R 32	12.4 R 32	1040	1160	1270	1380	1490	1610
320/85 R 34		1030	1215	1360	1550	1700	1900
380/85 R 34		1320	1550	1750	2000	2240	2430
420/85 R 34 480/70 R 34	16.9 R 34	1690	1870	2050	2240	2420	2600
460/85 R 34 520/70 R 34	18.4 R 34	1950	2160	2370	2580	2790	3000
320/85 R 36 480/70 R 36	12.4 R 36	1110	1230	1350	1470	1590	1710
340/85 R 36	13.6 R 36	1220	1350	1480	1610	1740	1870

	12.4 R 38	1150	1270	1390	1520	1640	1770
340/85 R 38 500/70 R 38	13.6 R 38	1250	1390	1520	1660	1790	1930
380/85 R 38	14.9 R 38	1430	1590	1740	1900	2050	2200
420/85 R 38 480/70 R 38	16.9 R 38	1790	1980	2180	2370	2560	2760
460/85 R 38 520/70 R 32	18.4 R 38	2090	2310	2540	2760	2990	3210
520/85 R 38 580/70 R 38	20.8 R 38	2540	2810	3090	3360	3630	3910
480/80 R 42		2000	2300	2650	3000	3350	3650
520/85 R 42	20.8 R 42	2360	2800	3150	3550	4000	4375
420/80 R 46		1700	2000	2300	2575	2800	3150
480/80 R 46		2060	2430	2800	3150	3450	3875
520/80 R 46		2960	3270	3590	3910	4230	4550
480/80 R 50		2180	2575	2900	3250	3650	4000

c) Calcul de la pression d'utilisation des pneumatiques:

Avant toute chose, il est fondamental d'assimiler les deux règles essentielles qui régissent l'utilisation d'un pneumatique agricole:

1- UN MÊME PNEUMATIQUE ADMET DES CHARGES MAXIMALES VARIABLES SELON SA PRESSION DE GONFLAGE.

2- UN PNEUMATIQUE AGRICOLE TRAVAILLE D'AUTANT MIEUX QUE LA CHARGE QU'IL SUPPORTE EST LA PLUS PROCHE DE LA CHARGE MAXIMALE AUTORISEE PAR LE FABRICANT.

La pression intérieure d'un pneumatique s'exprime en Pascal (Pa) ou en kilogramme par centimètre carré (cm²). Pour une bonne utilisation cette pression doit être vérifiée au moins une fois par semaine et adaptée selon les besoins:

- Type de travail: adhérence (traction) ou portance (tassement).
- Type de surface: route (transport) ou champ (travaux agricole).
- Charge supportée par le tracteur lors de ses évolutions.

Exemple de calcul d'une pression de gonflage pour un tracteur de 85 Ch. devant tirer une charrue de trois socs réversibles (attelage identique que pour le calcul du lestage)**:**

- Tracteur:
  - Poids à vide: 3900 kg.
  - Lestage possible: avant = 400 kg; arrière = 150 kg.
  - Dimension des pneumatiques avant: 380/70 R 24 équivalence 13.6 R 24.
  - Dimension des pneumatiques arrière: 480/70 R 34 équivalence 16.9 R 34.
- Charrue:
  - Poids total: 1060 kg.
  - Largeur de travail 3 x 16" soit environ 1,22 m.

3660 kg
=
P. essieu AR: 2300 kg (3900 kg x 59%) +
P. masses AR: 300 kg (4 x 75kg)
+
P. charrue = 1060 kg

Charge par pneumatique: 1830 kg

2300 kg
=
P. essieu AV : 1900 kg (3900 kg x 41%)
+
P. masses avant: 400 kg

Charge par pneumatique: 1150 kg

Pour connaître la pression optimum des pneumatiques de ce tracteur pour effectuer un labour, il suffit de se référer au tableau pages 39, 40 et 41 en appliquant les règles énoncées précédemment

- Pneumatiques arrière:
  - Dimension: 480/70 R 34
  - Charge au labour: 1830 kg

  → ***0,8 bars*** *(valeur annoncée de 1870 kg).*

- Pneumatique avant:
  - Dimension: 380/70 R 34
  - Charge au labour: 1150 kg

  → ***0,9 bars*** (valeur annoncée de 1175 kg).

Les valeurs annoncées sont des pressions minimales ne permettant pas d'effectuer de grands trajets routiers et pour des vitesses n'excédant pas 30 km/h.

Quelques conseils:

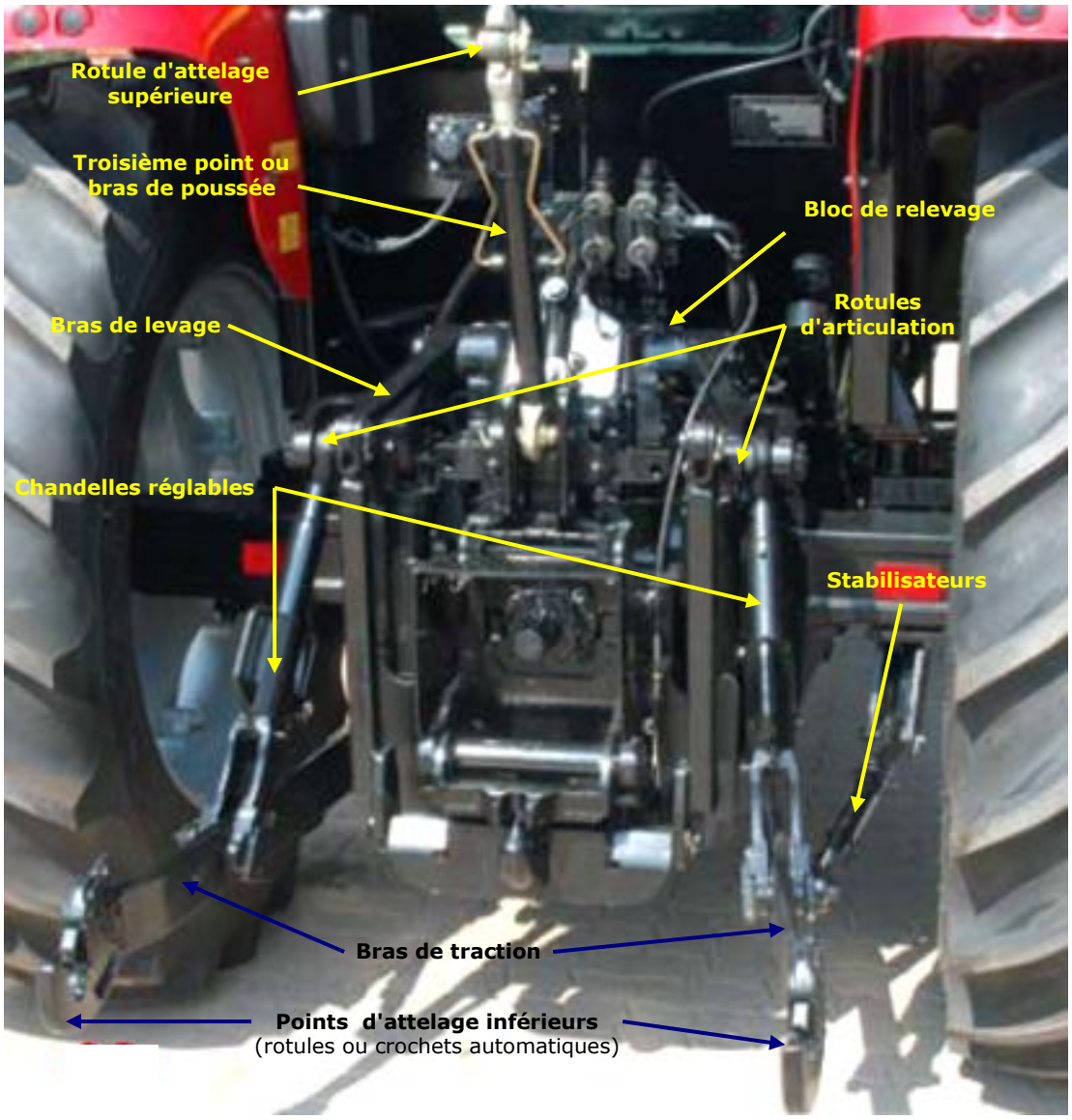
- Une bonne pression de gonflage est le facteur le plus important pour de bonne performance et un bon entretien des pneus du tracteur. La pression de gonflage peut être calculée en fonction de la charge sur l'essieu (exemple ci-dessus) en se référant au tableau charge/pression du pneu.
- Le sous-gonflage peut endommager la carcasse du pneu, pouvant provoquer sa rupture par déflexion.
- Le sur gonflage doit être éviter sauf conditions particulières (labour en coteaux, travaux durables sur sol dur).
- La pression de gonflage doit être vérifiée régulièrement au moins une fois par semaine. La mesure doit être réalisée avec un manomètre de précision (surtout si les pressions sont basses: < 1 bars) et toujours "à froid" c'est-à-dire avant le travail.
- Le travail au champ et l'utilisation sur route nécessite des pressions différentes. Adaptez-les systématiquement selon les besoins.
- Lors du remplacement des pneumatiques respectez les dimensions d'origines ou vérifiez que les nouveaux pneus sont compatibles avec la jante. Privilégiez les carcasses radiales, plus onéreuses mais procurant une meilleure adhérence que les carcasses radiales.
- Les pneus de tracteur insuffisamment chargés ou sur-gonflés s'useront ou se couperont rapidement suite à un patinage excessif.
- Pour éviter une détérioration du caoutchouc, éviter au maximum le contact avec des hydrocarbures (graisse, huile, gas-oil) ainsi que les produits chimiques de traitement phytosanitaire. Lavez les pneumatiques après chaque traitement ou s'il y a eu des projections de produit d'origine pétrolier.

CHAPITRE 5.

Utilisation et réglage du relevage hydraulique.

1) Les éléments externes.

Les composants du relevage hydraulique servent non seulement à atteler l'outil sur le tracteur mais aussi à la régler. Bien connaître l'utilisation du relevage, c'est se donner l'assurance d'un emploi rationnel des outils et du tracteur.



- ***Bras de Traction:*** ils relient le tracteur à l'outil (outils portés) et c'est par eux que passe tout l'effort de traction nécessaire pour tirer l'outil.
- ***Points d'attelage inférieurs:*** ils servent à arrimer les points d'attelages (2) des outils. La version à rotule (boule percée au diamètre standard des axes des outils) demande une bonne maîtrise du tracteur pour les manœuvres d'approche lors de l'accrochage. Les versions à crochet automatique (modèle de la photo ci-dessus), utilisent des rotules amovibles placées sur l'outil avant son accrochage. Le chauffeur n'a plus qu'à les "attraper" avec les bras de traction. L'attelage de l'outil est donc réalisé sans descendre du tracteur et demande un peu moins de précision qu'avec les rotules standard.

- ***Bras de levage:*** au nombre de deux, ils transmettent la poussée de l'hydraulique du relevage (partie interne du bloc de relevage) au bras de traction pour lever ou baisser l'outil par l'intermédiaire des chandelles.

- ***Chandelles réglables:*** ces tirants verticaux relient les bras de levage aux bras de traction. Ils sont réglables en longueurs par vissage ou dévissage et jouent un rôle fondamental pour le réglage des outils (aplomb).

- ***Bloc de relevage:*** en version mécanique, il contient toute la partie hydraulique (vérin, distributeur,..) ainsi que tous les mécanismes de commande et de contrôle (position et effort). En version électrohydraulique, on ne parle plus de bloc car tous les éléments (hydrauliques et électriques) sont extérieurs.

- ***Troisième point ou barre de poussée:*** il est constitué de deux embouts filetés à pas contraires et d'un manchon de liaison. Il permet de réaliser l'attelage supérieur de l'outil sur le tracteur. Comme pour les attelages inférieurs, la fixation coté outil peut être une rotule fixe ou amovible pour un attelage et dételage rapide. Les deux embouts sont filetés pour pouvoir faire varier sa longueur qui joue un rôle fondamental dans le réglage des outils (talonnage). Pour certaines applications le troisième point mécanique peut être remplacé par un vérin hydraulique commandé depuis le poste de conduite. Enfin le positionnement coté tracteur est multiple pour permettre de faire varier le report de charge de l'outil sur le tracteur; il détermine le point de convergence (développé dans la partie réglage).

- ***Rotule d'attelage supérieure:*** comme pour les bras de traction, les outils sont liés au tracteur par une rotule (boules percée avec un diamètre normalisé selon la catégorie de puissance du tracteur), évitant toute rigidité de la liaison tracteur outil.

- ***Stabilisateurs:*** il existe différent modèles (presque un par marque de tracteur) mais leurs rôles restent les mêmes: empêcher ou contrôler le débattement latéral des outils au travail ou au transport. Ce contrôle du débattement latéral est très important aussi bien pour le réglage de l'outil que pour la sécurité du tracteur et du chauffeur.

Le relevage hydraulique du tracteur agricole est également nommé "relevage trois points" du fait de ses points d'attelage de l'outil en triangle: deux points de liaison inférieur bras de traction) et un point de liaison supérieur (troisième point ou barre de poussée).
Lors de l'opération d'attelage, le conducteur doit d'abord réaliser les liaisons inférieures puis la liaison supérieure. Au dételage la procédure est inversée: troisième point puis bras de traction (attention si cette procédure n'est pas respectée des incidents graves peuvent intervenir).

Equipements particuliers:
Il est possible d'installer des versions hydrauliques pour certains éléments du relevage, comme la chandelle de droite et le troisième point.
Ils peuvent se révéler très utile pour des travaux en conditions particulières nécessitant de fréquentes modifications des réglages de l'aplomb ou du talonnage. Attention ces options monopolisent des sorties hydrauliques auxiliaires, il faut donc prévoir à la commande du tracteur un nombre suffisant de distributeurs hydrauliques.

Chandelle droite hydraulique.

Troisième point hydraulique.

2) Présentation du relevage hydraulique.

Le relevage hydraulique fonctionne grâce à un ou plusieurs vérins du type simple effet qui travaillent en poussée (pression hydraulique) pour faire monter l'outil grâce à la liaison vérin → bras de levage → chandelle → bras de traction. La descente quant à elle, n'est pas commandée par une pression hydraulique mais par simple poussée vers le bas due au poids de l'outil qui évacue l'huile du vérin (si la manette de commande ordonne la descente).
Les relevages sont définis en trois catégories I, II et III correspondant aux alésages (diamètres de perçage des rotules inférieures et supérieures) utilisés selon la puissance du tracteur:

Eléments normalisés	Catégorie I	Catégorie II	Catégorie III
Diamètre des axes d'attelage inférieurs.	22,2 mm ou 7/8"	28,6 mm ou 1-1/8"	36,5 mm ou 1-7/16"
Diamètre de l'axe d'attelage supérieur.	19,0 mm ou 3/4"	25,4 mm ou 1"	31,7 mm ou 1-1/4"
Puissances de référence.	Jusqu'à 50 Ch.	De 50 à 110 Ch.	Supérieur à 110 Ch.

Le relevage hydraulique permet non seulement de lever et de baisser l'outil attelé (levier de contrôle de position), mais également de le contrôler la profondeur de travail en fonction des variations de l'effort de traction (levier de contrôle d'effort). Si le contrôle de position est utilisé en permanence lors des travaux avec des outils portés, le contrôle d'effort n'est utilisé et utilisable que lors de travaux de traction avec des outils de travail du sol (décompacteur, charrue, cultivateur,…). L'utilisation de roue de jauge ou de rouleaux sur les outils réduit également l'usage du contrôle d'effort.

Pour résumé, le contrôle d'effort permet de relever temporairement l'outil travaillant dans le sol lorsque l'effort de traction nécessaire augmente de trop (bande de terre "dure" ou trop humide) au risque de créer un patinage excessif ou de pousser le moteur au calage. Son action n'est que temporaire car dès que les conditions redeviennent normales, l'outil reprend sa position initiale, définie par la position du levier de contrôle d'effort (relevage à commandes mécanique) ou du repère du bouton de commande (relevage à commande électronique). Grâce au contrôle d'effort le conducteur n'a plus à gérer à vue les variations

de l'effort de traction (patinage, variations brusques du régime du moteur,…) liées au travail de l'outil en "jouant" avec le contrôle de position.

2) Le relevage à commandes mécaniques.

Le relevage hydraulique est commandé par des leviers et des tringleries. Ce mode de commande n'est plus guère utilisé, que sur des tracteurs de faibles puissances construits dans des pays émergeant comme la Chine, l'Indes, la Turquie ou encore le Brésil. Ils sont encore très présent sur les modèles européens des années quatre-vingt-dix encore en service. Ces relevages à commandes mécaniques sont utilisés en association (position et effort) ou en mode prédéfini (un seul levier de commande + un levier de sélection).

Sur la photo ci contre: le tracteur est équipé de deux leviers:

- Le levier de droite permet de contrôler la profondeur de travail en fonction de l'effort de traction programmé par le conducteur:
  - Position avant = réaction du relevage pour un effort de traction maximum.
  - Position arrière = réaction du relevage pour un effort de traction faible.

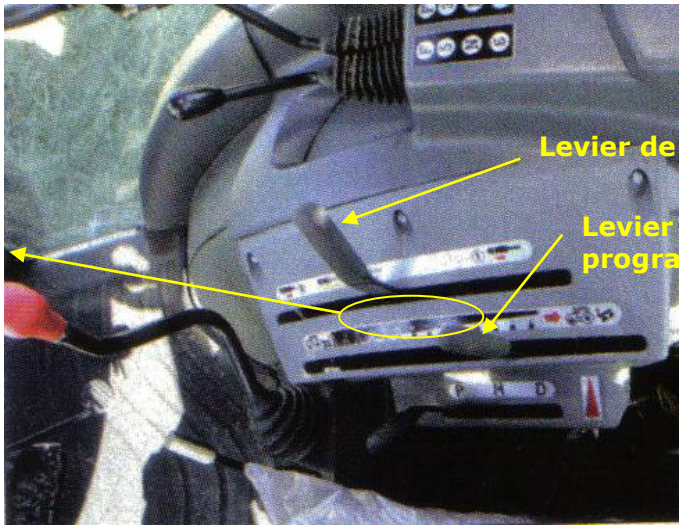
- Le levier de droite permet de contrôler la hauteur de positionnement de l'outil. Les graduations servent de repère au conducteur:
  - 0 = position la plus basse.
  - 10 = position la plus haute.

Photo ci-dessous:
Relevage hydraulique avec sélection du mode de contrôle

P = contrôle de position

M = contrôle mixte

D = contrôle d'effort



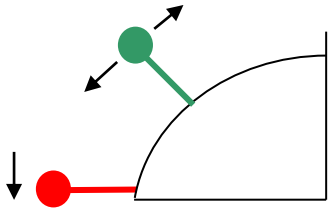
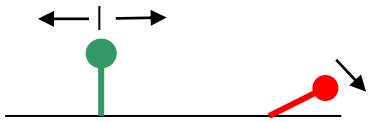
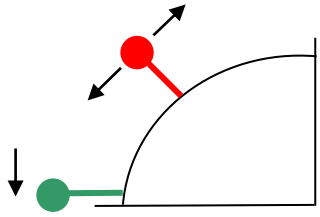
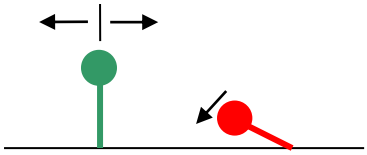
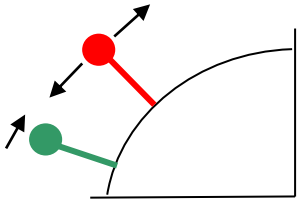
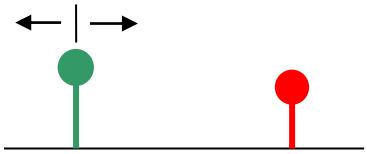
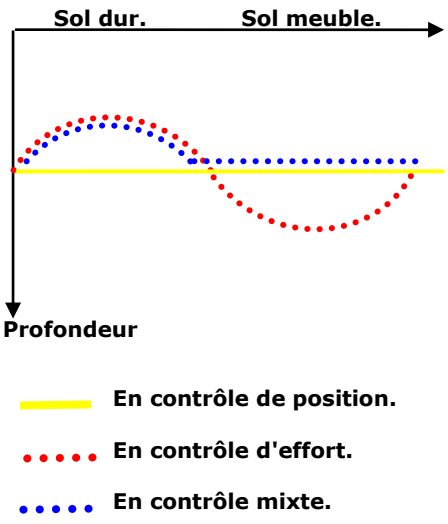
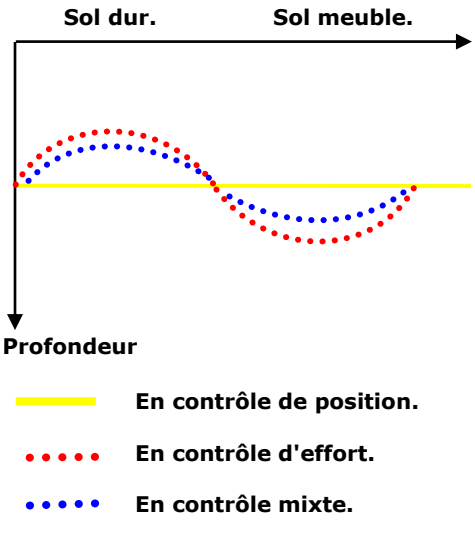
Type / Utilisation	1er type: un levier de contrôle d'effort (rouge) et un levier de contrôle de position (vert).	2ème type: un levier de programmation (rouge) et un levier de réglage (vert).
En contrôle de position		
En contrôle d'effort		
2 En contrôle mixte.		
Profondeur de travail suivant le type de contrôle utilisé.		

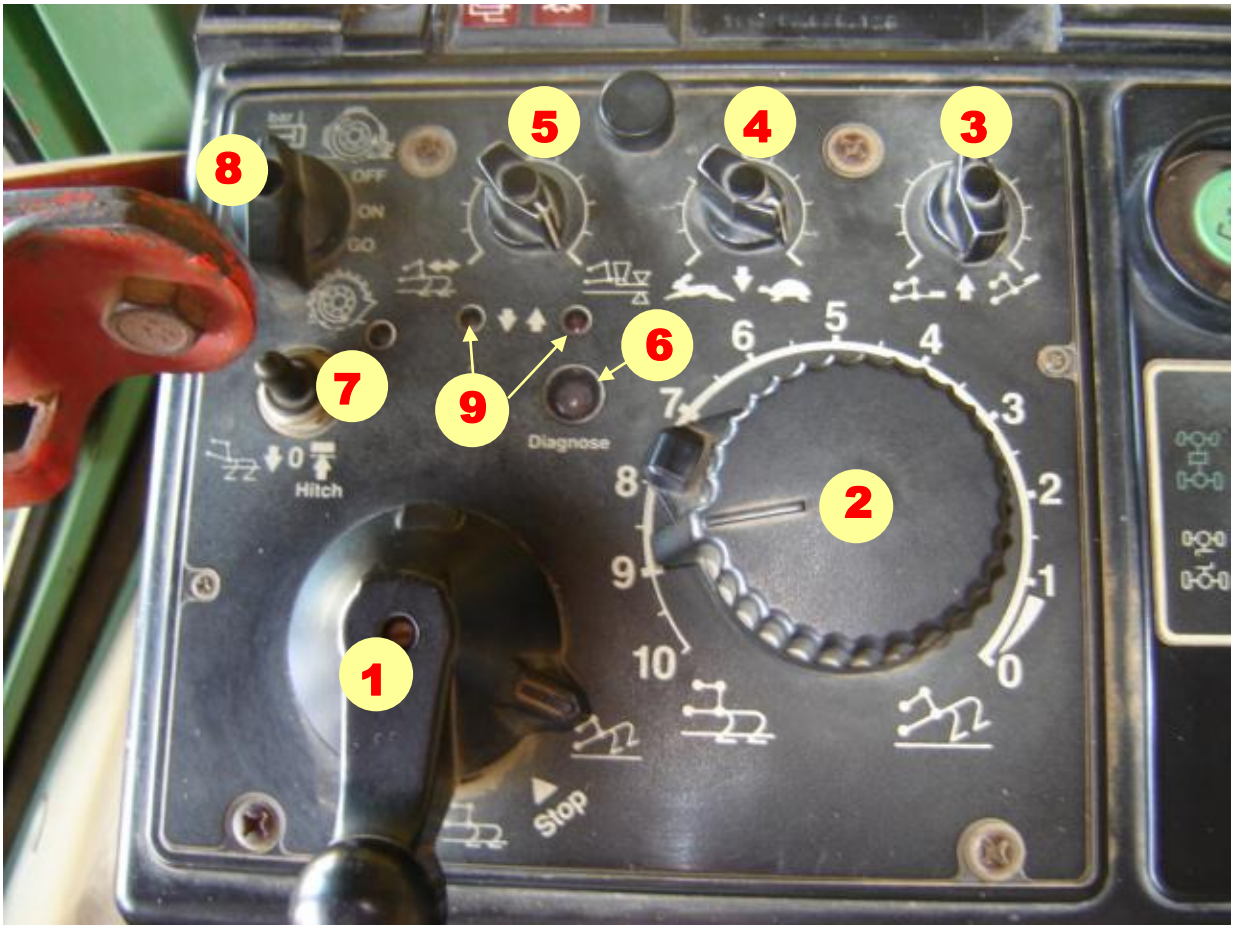
Tableau d'utilisation du relevage en fonction des modes de commande.

Le contrôle d'effort est commandé par le troisième point ou par les bras de traction grâce à des pièces déformables (ressort, barreau de torsion,...). Sa réactivité dépendra donc du bon état des pièces et du jeu qu'elles peuvent prendre par usure, au fur et à mesure de leur utilisation. C'est pourquoi, il est préférable d'associer le contrôle d'effort à des équipements d'assistance installés sur les outils (roues de jauge, rouleau,..).

3) Le relevage à commandes électroniques.

Ils sont apparus au début des années quatre-vingt-dix et se généralisent au point d'être installé en équipement de base sur la plupart des tracteurs européens et anglo-saxons. Contrairement aux idées reçues ces relevages sont très fiables et faciles à dépanner grâce à des systèmes d'autodiagnostics qui avertissent le chauffeur des défauts de fonctionnement d'origine électriques ou électroniques.
Contrairement aux relevages à commandes mécaniques, tous les éléments qui composent le bloc (vérins, distributeur) sont extérieurs et facilement démontables. Les tringleries ont disparu au profit de circuits électriques. Les contrôles de position et d'effort sont assurés par des capteurs très sensibles qui transmettent leurs informations par le biais d'impulsions électriques qui sont "analysées et corrigées" par un boîtier calculateur en fonction des informations de bases données par le conducteur.
Les réactions des contrôles d'effort et de position sont de l'ordre du millième de seconde donc d'une extrême sensibilité favorisant un travail de très grande précision quelques soit la vitesse d'avancement. Le conducteur n'agit plus sur des leviers de commande mais sur une série de boutons ou interrupteurs pour programmer et actionner le relevage.

Chaque constructeur propose un agencement différent des éléments de commande, mais en général on retrouve les mêmes fonctions décrites ci-après.



Exemple de console de commande d'un relevage électrohydraulique.

1 ***Interrupteur de montée et de descente:*** il permet de lever ou de descendre le relevage en fonction des préréglages effectué par le conducteur.

2 ***Molette de réglage du contrôle de position***: Il est nommé également contrôle de profondeur car il sert à définir une profondeur de travail. Il est en relation directe avec la programmation du bouton N°5.

3 ***Bouton de limiteur de hauteur de levage***: il permet de limiter la hauteur de levage pour protéger l'arbre de prise de force (cardan d'un outil animé comme le gyrobroyeur) ou encore d'éviter que l'outil porté par le relevage ne vienne toucher la cabine ou les pneus arrière du tracteur. Il est prépondérant sur tous les autres réglages.

4 ***Bouton du frein de descente:*** le relevage hydraulique descend grâce au poids de l'outil et comme tous les outils n'ont pas le même poids il est vital de contrôler la descente pour des raisons de sécurité pour le conducteur et de préservation de l'outil et du tracteur. En tournant le bouton vers le symbole "tortue", la descente est de plus en plus freinée pour être bloquée en fin de course. Cette position doit être utilisée lors des transports sur route avec des outils portés.

5 ***Bouton de sélection du mode de contrôle:*** en tournant le bouton vers le symbole "charrue" le relevage est en mode contrôle d'effort total. Tourné coté "épandeur à engrais" le mode de travail du relevage est en contrôle de position total. Si ce bouton est positionné entre les deux symboles le contrôle, il est en contrôle mixte avec prédominance effort ou position selon le coté ou le bouton est tourné.

6 ***Diode de diagnostic ou "diagnose":*** cette diode clignote en permanence pour indiquer que tout le système électrique est sous contrôle. Le clignotement correspond à un code (une première série de chiffre pour les dizaines et une seconde série pour les unités). Si un problème survient le code change et indique l'origine de la panne. Les codes de défauts sont notifiés dans les documents fournis avec le tracteur. Attention cet autodiagnostic ne concerne que les circuits électriques qui gèrent l'ensemble du relevage hydraulique.

7 ***Bouton de terrage rapide ou "hitch":*** en actionnant cet interrupteur toute la programmation est mise en veille afin que l'outil pénètre rapidement dans le sol et réduire ainsi la zone de pénétration qui peut être relativement longue selon l'outil (surtout valable pour les charrues à socs). Une fois le bouton relâché, les programmations initialement réalisées reprennent le contrôle du relevage.

8 ***Commande du radar anti-patinage (option):*** cette option permet de gérer le patinage des roues arrière du tracteur en agissant automatiquement sur le relevage (modification de la profondeur de travail). Le radar émet un faisceau micro-onde vers le sol qui en réfléchissant établi ainsi la vitesse d'avancement réelle du tracteur. Cette vitesse réelle est comparée avec la vitesse théorique (visualisée sur le tableau de bord du tracteur). Si la différence entre les deux vitesses (en %) est supérieure à la valeur de programmée, le relevage entre en action en levant l'outil pour diminuer l'effort de traction et de fait le patinage. Cette intervention est à peine perceptible du poste de conduite tant elle est rapide et précise.

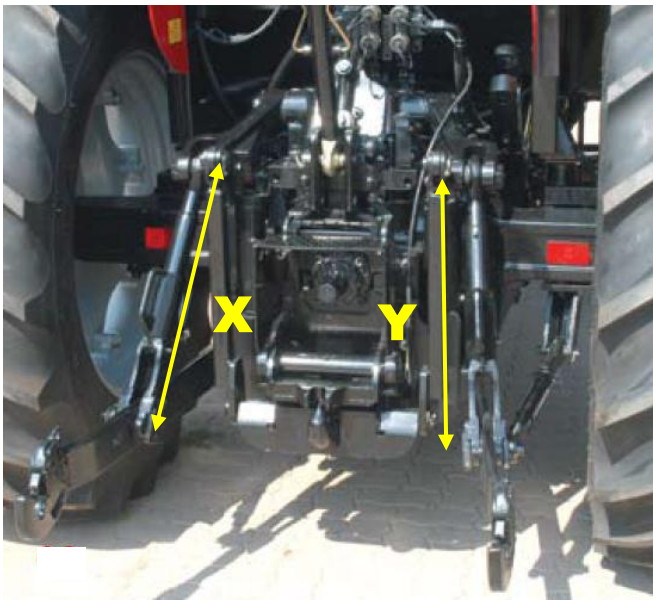
9 ***Diodes de montée et de descente:*** elles sont associées au bouton N°5. La diode de descente s'allume rouge alors que la diode de montée s'allume verte. Elles indiquent au conducteur les réactions du relevage lors des travaux de traction, lui permettant d'ajuster la sensibilité des contrôles (effort ou position.

4) Les réglages de base liés à l'utilisation du relevage hydraulique.

Le réglage d'un outil porté par le relevage hydraulique répond à une suite d'opération à exécuter lors d' l'attelage de l'outil puis à contrôler ou à confirmer lors du démarrage des travaux au champ.

4.1) Réglage de l'aplomb.

Il correspond à la position transversale de l'outil par rapport au plan d'avancement du tracteur.

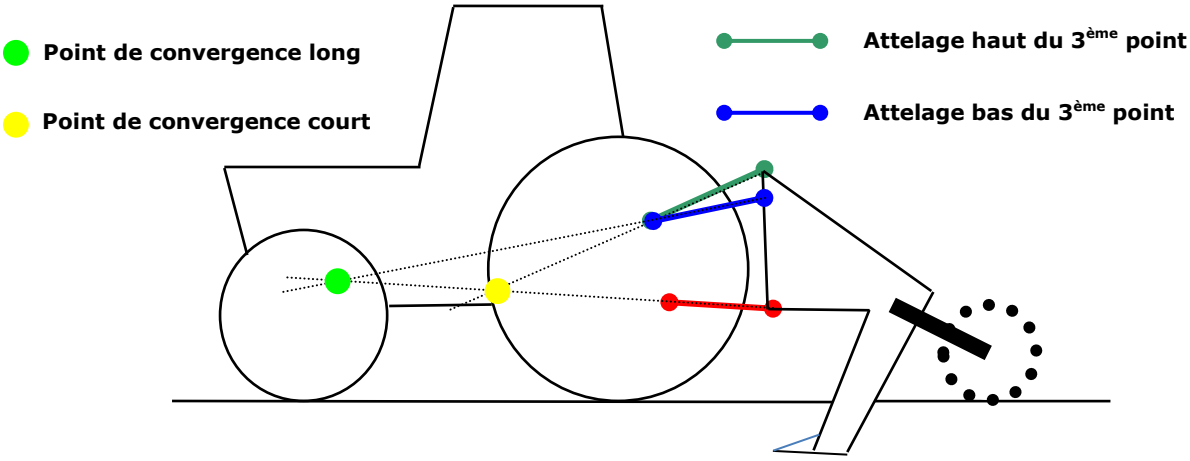


Un aplomb bien réglé correspond à un outil parallèle au sol soit une égalité entre les côtes X et Y. Ce réglage est vérifié en agissant sur la longueur des chandelles (liaison entre les bras de levage et les bras de traction). Cette longueur doit être vérifiée au millimètre près, avant l'attelage de l'outil, en mesurant la distance entre les points de liaison supérieurs et inférieurs (voir photo ci-contre).
Les chandelles sont réglables en longueur par vissage ou dévissage en agissant sur des poignées ou des manivelles. La longueur de base n'est pas définie mais lorsque le relevage est au point mort bas (point le plus bas qu'il puisse descendre), les rotules d'attelage ne doivent pas toucher le sol, (entre 15 à 20 cm du sol).

Pour des commodités d'intervention, il est préférable de réaliser ce réglage avant d'atteler l'outil et de ne plus le modifier. Il conviendra donc de dételer les matériels sur des zones d'entreposage planes afin de ne pas avoir à dérégler l'aplomb, pour faciliter leurs accrochages.

4.2) Réglage du point de convergence.

Le point de convergence est en fait un point fictif permettant d'optimiser le report de charge de l'outil sur l'essieu arrière du tracteur. Ce point de convergence est défini par l'intersection de deux lignes fictives symbolisées par le prolongement vers l'avant des bras de traction et du troisième point. Il est possible de faire varier la position de ce point en déplaçant les positions d'attelage du troisième point coté tracteur et ou coté outil



Un point de convergence court (intersection au niveau de la boîte de vitesses) permet un report de charge assez important du poids du pont avant (jusqu'à 80%), sur l'essieu l'arrière. Cette situation est n'intéressante que pour les tracteurs deux roues motrices. Dans ce cas l'opérateur cherchera à garder un minimum de poids sur les roues directrices pour garder le contrôle du guidage du tracteur.

Avec un point de convergence long (intersection au niveau du pont avant) le report de charge sur l'arrière est plus modéré, permettant à l'essieu avant de garder un certain appui au sol (utile avec un tracteur quatre roues motrices).

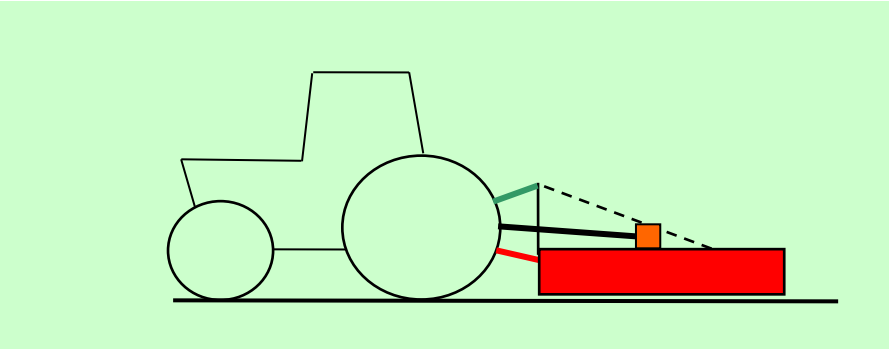
Le choix du point de convergence est donc très important pour optimiser l'effort de traction du tracteur. Le simple fait de changer la position du troisième point peut modifier les appuis au sol du tracteur et donc réduire sa capacité de traction.

4.3) Réglage du talonnage.

Le talonnage correspond à la position de l'outil au travail par rapport au sol, dans l'axe longitudinale (sens d'avancement). Son réglage est obtenu grâce à l'allongement ou au raccourcissement du troisième point. Trois cas de figure sont possibles:

- ***Le talonnage nul:***

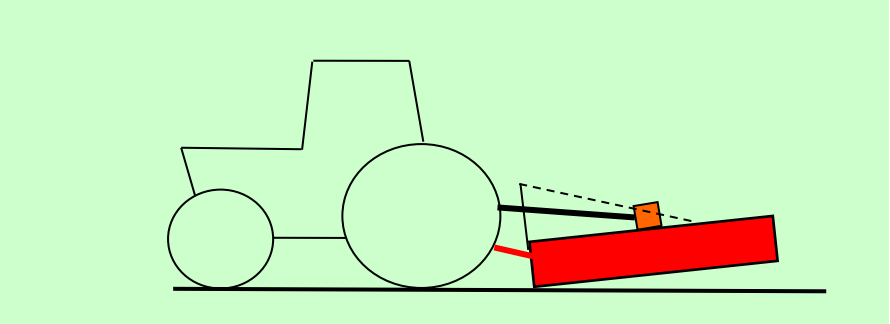
Dans ce cas de figure, l'outil est parallèle au sol.



C'est le réglage le plus courant surtout pour les outils travaillant sous la surface du sol.

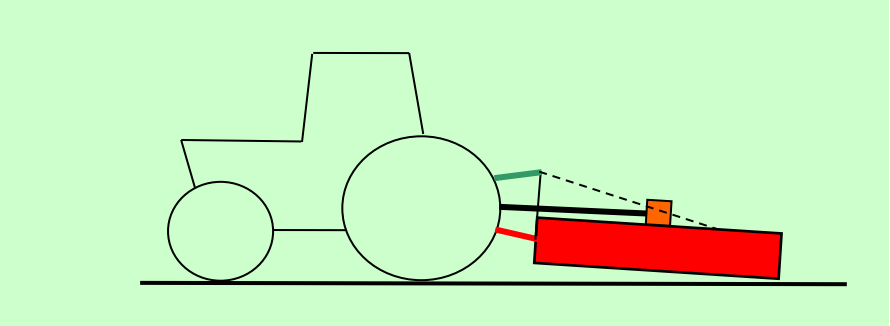
- ***Le talonnage positif:***

L'outil est incliné vers l'avant.



Ce réglage n'est jamais utilisé sauf pour des travaux en marche arrière (travaux avec poste de conduite inversé) qui sont assez rares.

- ***Le talonnage négatif:*** l'outil est incliné vers l'arrière.



Ce réglage est possible lors de travaux avec des matériels tels que le gyrobroyeur, le tondobroyeur, la herse rotative, les outils faucheuses. Pour ces outils, le talonnage négatif n'est pas systématique mais sont justifiés dans certaines conditions ou pour adapter le fonctionnement de l'outil aux conditions de travail ou améliorer leurs performances.

4.4) Réglage du débattement latéral.

Le débattement latéral est contrôlé par deux dispositifs qui relient les bras du tracteur au pont du tracteur (chaînes, coulisseaux, …).Selon le type de déplacement les stabilisateurs seront:

- ***Rigide au transpor***t: l'outil ne doit pas avoir de mouvement latéral et ce pour des raisons de sécurité. Un balancement latéral surtout dans un virage peu entraîner une perte de contrôle de l'attelage par le chauffeur, surtout si l'outil est très lourd.

- ***Libre au travail:*** l'outil doit avoir contrôlé s'il travaille sur ou sous le sol. Cette mobilité permet une articulation de l'outil et évite l'effet "queue de poisson" lorsque le conducteur veut redresser brutalement sa trajectoire de travail.

- ***Rigide au travail:*** lorsque l'outil est hors de contact du sol (épandeur à engrais, pulvérisateur, …), l'outil ne doit avoir aucun débattement latéral.

4.5) Réglage au champ.

Une fois sur les lieux de travail, le conducteur doit ajuster la hauteur ou la profondeur de travail. Pour cela, il dispose du relevage hydraulique du tracteur (contrôle d'effort et ou de position) mais aussi des équipements complémentaires qui équipent les outils. Si tous les tracteur possède un contrôle de position et un contrôle d'effort (quelque soit le type du relevage), les outils doivent être équipé d'éléments permettant d'assister le relevage pour le contrôle de la profondeur ou de hauteur de travail. On distingue trois types d'assistance:

- Roues de jauge (en fer ou pneumatiques) utilisées sur les outils de travail du sol (cultivateurs, décompacteurs, charrue,..) ou de fenaison (faneur, andaineur).
- Rouleaux libres de tous types (packer, à barres, spiralés,..) placés à l'arrière de l'outil utilisés sur les outils de travaux du sol (alternatives aux roues de jauge) ou des outils de maîtrise de la matière organique (tondobroyeur).
- Patins ou glissières, utilisés surtout sur les gyrobroyeurs ou les houes rotatives communément appelées "rotavator".

Ces équipements font parti des options possibles pouvant équiper les outils. Le terme option ne signifie pas qu'ils ne sont pas indispensables, mais que l'acheteur à plusieurs possibilité de montage et doit choisir celle qui sera la plus adaptée aux conditions de travail auxquelles sera soumis l'outil.

Un outil qui ne possède pas d'élément de contrôle de profondeur ou de hauteur de travail est un outil incomplet.

Notes